

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Hornicko-geologická fakulta**

Institut environmentálního inženýrství

**HODNOCENÍ IMISNÍ ZÁTĚŽE V KARLOVĚ STUDÁNCE**

bakalářská práce

Autor práce:

Denisa Smijová

Vedoucí práce:

prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.

Ostrava 2015

**VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA**

**Faculty of Mining and Geology**

Institute of Environmental Engineering

**THE IMMISSIONS LOAD IN KARLOVA STUDANKA,  
HRUBY JESENÍK MTS.**

bachelor thesis

Autor práce:

Denisa Smijová

Vedoucí práce:

prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.

Ostrava 2015

## **Zadání bakalářské práce**

Student: **Denisa Smijová**  
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství  
Téma: **Hodnocení imisní zátěže v Karlově Studánce**  
**The immissions load in Karlova Studanka, Hruby Jeseník Mts.**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Charakteristika oblasti
3. Znečištění z dopravy
  - 3.1 Charakteristika hlavních polutantů emitovaných z dopravy
  - 3.2 Emisní faktory
4. Imisní zátěž v Karlově Studánce a okolí
  - 4.1 Metody měření
  - 4.2 Analýza celkové prašné depozice a analýza prachových částic z komunikace
  - 4.3 Dopravní zátěž
5. Vyhodnocení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Bernard M. (2008): Ovzduší vs. silniční doprava – právní nástroje ochrany. Ekologický právní servis, Brno. Zpráva pro Norské fondy. 1-12.

Dufek J., Huzlík J., Adamec V. (2006): Stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy. CDV. Projekt pro Ministerstvo dopravy ČR., 1- 26.

Jandová V. et al. (2012): Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2011. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. Brno, Studie pro MŽP ČR. 1-117.

Pant P., Roy M. Harrison R.M. (2013): Review. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review. Atmospheric Environment 77, 78 – 97

Swietlik R., Strzelecka M., Trojanowska M. (2013): Evaluation of traffic related heavy metals emissions using noise barrier road dust analysis. Pol. J., Environ. Stud., V.22, No.2, 561-567

Traffic-Related Air Pollution. A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. Special Report 17, Health Effects Institute Boston, Massachusetts, 2010. 1-25.

Vicente A.S. (2013): A closer look at urban transport. TERM 2013: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. EEA Report No 11/2013

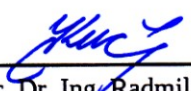
Vicente A.S. (2012): The contribution of transport to air quality TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. ISSN 1725-9177, No.10/2012, 1 – 83.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

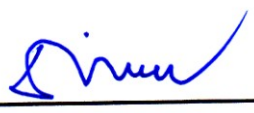
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015

  
doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová  
vedoucí institutu

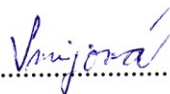


  
prof. Ing. Vojtech Dimer, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení**

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2015

  
.....

Smijová Denisa

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí své bakalářské práce prof. Ing. Heleně Raclavské, CSc. za odborné vedení. Také děkuji Ing. Janě Kodymové, PhD. za rady při zpracování dat z dopravy a Ing. Vítězslavu Hrazdilovi za poskytnuté prostory k měřícím účelům v obci Karlova Studánka.

Poděkování také patří mé rodině, partnerovi a přátelům za podporu během celého studia.

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá znečištěním ovzduší z dopravy a identifikací zdrojů znečištění v obci Karlova Studánka pomocí metodiky pro identifikaci zdrojů znečištění ovzduší na základě diagnostických poměrů markerů. Pro ověření zjištěných zdrojů znečištění z dopravy bylo uskutečněno sčítání vozidel a následné dopočítání vyprodukovaných emisí CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a PM<sub>10</sub>. Z výsledků analýz markerů vyplývá, že celoročně tvoří emise z dopravy cca 17 – 30 % zátěže v suché depozici. Z vyhodnocení dopravního šetření nebyl prokázán jednoznačný vztah mezi plynnými emisemi produkovanými dopravou a hodnotami zjištěnými v rámci imisního monitoringu ZUOVA. Statisticky významná závislost byla prokázána pouze v jediném případě pro SO<sub>2</sub> dne 12.11.2014. Dále byla prokázána závislost mezi PM<sub>10</sub> a emisemi z dopravy u dvou ze čtyř měření, které proběhly v říjnu a listopadu. Shoda byla zřejmá hlavně v ranních hodinách, kdy je hlavním zdrojem imisní zátěže v Karlově Studánce doprava.

***Klíčová slova:*** ovzduší, emise, imise, Karlova Studánka, markery, MEFA

## ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the air - pollution caused due to traffic and identifying of the pollution – sources in municipality Karlova Studanka by methodics for identification of the air pollution – sources based on diagnostic markers circumstances. Vehicle census has been implemented for the verification of the detected sources of pollution and the consecutive recalculating of the produced emissions of CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and PM<sub>10</sub>. It is obvious from analytic results that the yearlong traffic – emission generates cca from 17 % to 30 % burden in a dry deposition. The obvious relationship between the gaseous emissions produced by transportation and values observed in emission monitoring ZUOVA wasn't improved from evaluation of traffic survey. Statistically the significant dependence was improved in one case for SO<sub>2</sub> on 12 November 2014. Than was improved dependence between PM<sub>10</sub> and the traffic – emission in two from four measurement, which took place on October and November. The compliance was obvious mainly in the morning, when the traffic is main source imission – burden in Karlova Studanka.

***Key words:*** air, emmissions, immisions, Karlova Studanka, markers, MEFA

## **OBSAH:**

1.	ÚVOD A CÍL PRÁCE .....	1
2.	CHARAKTERISTIKA OBLASTI .....	2
2.1	Lokalizace a základní údaje .....	2
2.2	Geomorfologické a geologické poměry .....	4
2.3	Klimatické poměry .....	5
2.4	Pedologické poměry .....	7
2.5	Hydrologické poměry .....	8
3.	ZNEČIŠTĚNÍ Z DOPRAVY .....	9
3.1	Typy pohonných hmot .....	9
3.1.1	Benzín - zážehový motor .....	9
3.1.2	Nafta - vznětový motor .....	10
3.1.3	LPG .....	11
3.1.4	CNG .....	12
3.2	Charakteristika hlavních polutantů emitovaných z dopravy .....	12
3.3	Sekundární aerosoly .....	14
3.4	Emisní faktory .....	16
4.	IMISNÍ ZÁTĚŽ V KARLOVĚ STUDÁNCE .....	17
4.1	Vzorkování .....	17
4.2	Metody měření .....	18
4.2.1	Diagnostické poměry antropogenních aromatických VOC .....	19



4.2.2	Diagnostické poměry geochemických biomarkerů .....	20
4.2.3	Diagnostické poměry anhydrosacharidů pro emise ze spalování biomasy .....	23
4.2.4	Diagnostické poměry C18/C16 (kyselina stearová/palmitová) .....	23
4.3	Analýza celkové prašné depozice a analýza prachových částic z komunikace .....	24
4.4	Dopravní zátěž .....	25
4.4.1	Program MEFA 13 .....	27
4.4.2	Vstupní data .....	28
5.	VYHODNOCENÍ .....	31
5.1	Identifikace zdrojů .....	31
5.2	Grafy imisí a emisí .....	39
5.2.1	CO .....	39
5.2.2	NO <sub>x</sub> .....	42
5.2.3	SO <sub>2</sub> .....	44
5.2.4	PM <sub>10</sub> .....	47
6.	ZÁVĚR .....	50
	Seznam použité literatury .....	51
	Seznam obrázků .....	56
	Seznam tabulek .....	56
	Seznam grafů .....	57

## **Seznam použitých zkratk:**

ATEM	Ateliér ekologických modelů, s.r.o.
BUS	Autobus
CHKO	Chráněná krajinná oblast
CNG	Stlačený zemní plyn
HDV	Těžká nákladní vozidla
IMS	Informační monitorovací systém průmyslového znečištění
KÚ	Krajský úřad
LDV	Lehká nákladní vozidla
LPG	Zkapalněný ropný plyn
LZO	Látky znečišťující ovzduší
MSK	Moravskoslezský kraj
NP	Národní park
NPR	Národní přírodní rezervace
NS	Naučná stezka
OA	Osobní automobil
OZKO	Oblast se zhoršenou kvalitou ovzduší
PLO	Přírodní lesní oblast
Py-GC/MS	Pyrolýzní plynová chromatografie s hmotnostě spektrometrickou detekcí
ZL	Znečišťující látka
ZÚOVA	Zdravotní ústav Ostrava
ŽP	Životní prostředí

## 1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Karlova Studánka je vyhlášena jako lázeňská obec z důvodu čistého ovzduší. Mluví se o ní jako o místě s nejčistším ovzduším ve střední Evropě. Aby si lázně mohly udržet statut oblasti s čistým ovzduším, je nutné sledovat vliv jednotlivých imisních zdrojů (doprava, lokální topeniště s různým druhem paliva) a podle potřeby zajistit jejich regulaci.

Pod pojmem imisní zátěž si představíme zatížení dané složky ekosystému, konkrétně v této práci ovzduší, polutanty. Při hodnocení kontaminace ovzduší se obvykle sledují polutanty a o jaký zdroj znečištění jde. Ke kontaminaci dochází vnesením emitovaných škodlivin, ke kterému dochází převážně v důsledku antropogenní činnosti (řízené vypalování lesů, motorová vozidla, spalování fosilních paliv aj.), v menší míře přirozenými procesy (lesní požáry, vulkanická činnost, prach z přírodních zdrojů, borovice, které uvolňují VOC aj.).

Významný podíl na celkovém znečištění ovzduší má silniční doprava, ale i přesto je neoddelitelnou součástí života společnosti jak u nás, tak v jiných vyspělých zemích. Z dopravy se do ovzduší emitují výfukové plyny, částice z otěru pneumatik, brzdového obložení a z opotřebování jednotlivých součástí automobilu či částice vířené z vozovky. Nejsou to ale jen znečišťující látky, které nepříznivě působí na živé organismy a lidské zdraví, ale i hluk a vibrace. (Bernard, 2008; Žarlová, 2012)

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení se s metodikou pro identifikaci zdrojů znečištění ovzduší na základě diagnostických poměrů biomarkerů a dále identifikace zdrojů znečištění v lokalitě Karlova Studánka, s použitím této metodiky. Dalším cílem bylo zjistit emisní faktory pro jednotlivé kategorie vozidel a emitující škodliviny a z nich dopočítat celkové emise za danou hodinu, tyto originály výpočtů jsou k dispozici u autora. Výsledky byly dále zapracovány do grafů společně s hodnotami imisí za stejné časové období, získané ze stránek Informačního monitorovacího systému průmyslového znečištění v MSK.

## 2. CHARAKTERISTIKA OBLASTI

### 2.1 Lokalizace a základní údaje

Karlova Studánka vyznačena na obrázku č. 1 je obec nacházející se pár kilometrů od města Bruntál, na severu Moravskoslezského kraje v oblasti Hrubého Jeseníka, na východní straně úpatí hory Praděd. Jedná se o nejvýše položenou obec Bruntálska, leží v nadmořské výšce 800 m.n.m.



*Obrázek 1: Mapa lokalizace umístění obce Karlova Studánka (<http://www.mapy.cz/>)*

V Karlově Studánce se provozuje lázeňství, které vzniklo se vznikem obce, v druhé polovině 18. století, zakladatelem nejmladšího syna Marie Terezie, Maxmiliánem II. Františkem. Obec je známá svým jedinečným horským klimatem a výbornou minerální vodou, z důvodu čistého klimatu se stalo lázněmi. Léčí se zde nemoci oběhového ústrojí; nemoci z poruchy látkové výměny a žláz s vnitřní sekrecí; zhoubné nádory, po ukončení onkologické léčby; netuberkulózní nemoci dýchacího ústrojí; nervové nemoci; nemoci pohybového ústrojí; duševní nemoci a kožní nemoci. (<http://www.horskelazne.cz/>)

Obec je rozložena podél hlavní komunikace, která je také kolonádou. Žije v ní, kolem 250 stálých obyvatel. Nachází se zde několik krásných lázeňských domů a z nejznámějších je Slezský dům, kde byl ubytován v roce 2000 Václav Havel. Především je Slezský dům znám z několika záběrů z filmu *S tebou mě baví svět*. Naproti Slezskému domu je umístěn Pitný pavilón, kde si můžeme odebrat pro vlastní potřebu minerální vodu. Uprostřed obce se nachází Ředitelství lázní a naproti němu Hudební hala. Také se v obci nachází budova Mateřské školy a první stupeň Základní školy společně s Obecním úřadem Karlova Studánka. Dále letní lázně, v kterých se nachází např. solná jeskyně, finská sauna a bazén se slanou vodou o teplotě 32 - 34°C. (<http://www.jeseniky.net/>; <http://www.horskelazne.cz/>).

V lázních by měla být dodržována tato omezení: zákaz kouření v celém areálu lázní, zákaz vjezdu nákladních vozidel a další omezení pro osobní vozidla a autobusy. Průjezd obcí není zakázán, a pokud má někdo zájem lázně navštívit, má možnost zaparkovat své vozidlo na vyznačených parkovištích, která se vyskytují na obou přístupových komunikacích v obci nebo ze směru od Bruntálu na parkovišti hotelu Na Hvězdě, které slouží především návštěvníkům nejvyššího vrcholu Jeseníku, Praděd (1491,3 m n. m.). (<http://www.kstudanka.cz/>; <http://www.turistika.cz/>)

Značný vliv na kvalitu ovzduší v obci mají většinou velké zdroje znečištění v regionu. Na území obce mají značný negativní vliv na čistotu ovzduší spíše malé místní zdroje znečištění a lokálně i místní doprava. Situaci příznivě ovlivňuje plynofikace obce. Je určen decentralizovaný způsob vytápění pro stávající i novou výstavbu s individuálním vytápěním rodinných domů a apartmánových bytů a to s preferencí využití zemního plynu jako ušlechtilého paliva, které vyhovuje statutu klimatických lázní. Podle Sdělení odboru ochrany ovzduší MŽP o vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO) nepatří řešené území k oblastem se zhoršenou kvalitou ovzduší, nedochází zde k překročení limitní hodnoty pro ochranu zdraví lidí. (<http://www.kstudanka.cz/>)

## 2.2 Geomorfologické a geologické poměry

Podle Demka (2006) se georeliéf zkoumané oblasti regionálně člení na provincii Česká vysočina, přesněji okrsek Pradědský hřbet viz tabulka č.1, tento okrsek je označen IVC-7C-1.

*Tabulka 1: Geomorfologické jednotky (Demek et al., 2006)*

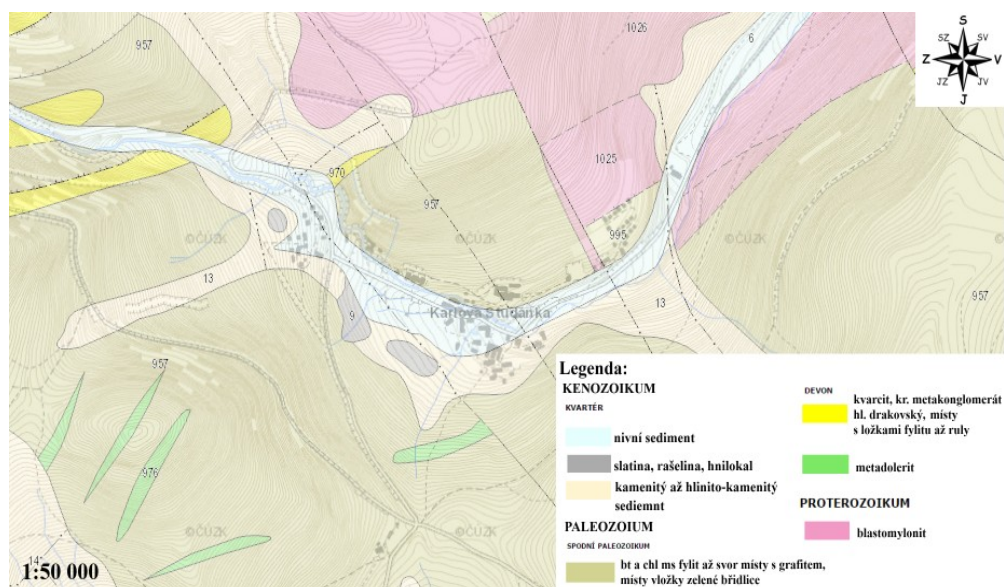
Provincie	Česká vysočina
Soustava	IV Krkonoško-jesenická
Podsoustava	IVC Jesenická
Celek	IVC-7 Hrubý Jeseník
Podcelek	IVC-7C Pradědská hornatina
Okrsek	IVC-7C-1 Pradědský hřbet

Pradědská hornatina je členitou hornatinou až velehornatinou, jejím nejvyšším vrcholem je Praděd (1491,3 m.n.m) na němž je televizní vysílač sahající do výšky 1653 m.n.m., jde tudíž o nejvyšší umělý bod republiky.

Pradědský hřbet je na západ i východ ohraničen vysokými zlomovými svahy. Vyskytuje se zde několik tvarů, např. izolované skály, skalní hradby, mrazové sruby, kamenná moře, kryogplanační terasy, sutě aj. (Demek et al., 2006; Bína, Demek, 2012)

Jesenická podsoustava patří podle geologického vývoje do oblasti moravosilesikum (moravsko-slezská oblast) a jednotky silesikum, kde jsou z hornin nejvíce zastoupeny ruly, místy až migmatity a svory, amfibolity, metakvarcity, krystalické vápence a grafitové horniny. (<http://geotech.fce.vutbr.cz/>; <http://geologie.vsb.cz/>)

Karlova Studánka podle mapy znázorněné na obrázku č. 2 z portálu České geologické služby patří do nejmladší geologické éry Kenozoikum, jedná se o třetihory až čtvrtohory, dále útvaru Kvartéru, oddělení holocénu a skupiny nivní sedimenty, která zahrnuje horniny jako je hlína, písek a štěrk. (<http://www.geology.cz/>; <http://muzeum.geology.cz/>)



Obrázek 2: Geologická mapa v měřítku 1:50 000 (<http://www.geology.cz/>)

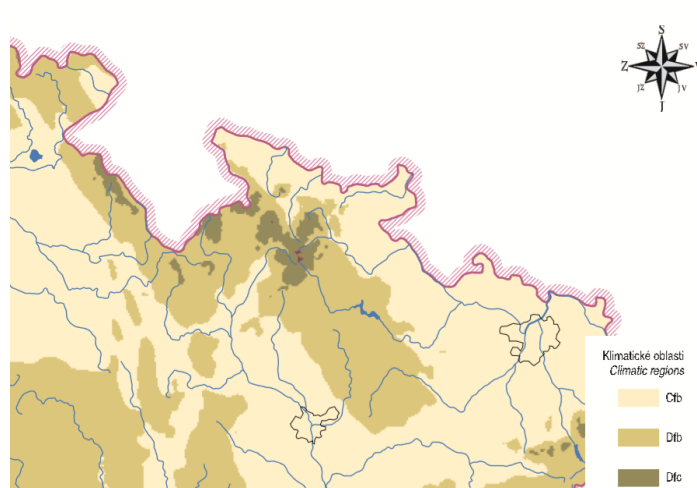
## 2.3 Klimatické poměry

Klima neboli podnebí je tzv. dlouhodobý stav počasí, který je výsledkem dlouhodobého působení radiačních poměrů, všeobecné cirkulace atmosféry, nadmořské výšky, tvaru terénu a jeho sklonu a orientaci, na schopnosti pohlcovat a odrážet záření a na lidských zásazích.

Klimatické poměry je možné vyjádřit třemi klasifikacemi: Köppenovou, Quittovou a klasifikaci Atlasu podnebí Československé republiky 1958. Při zhodnocení klimatických poměrů jsem si vybrala Köppenovu a Quittovu klasifikaci klimatu.

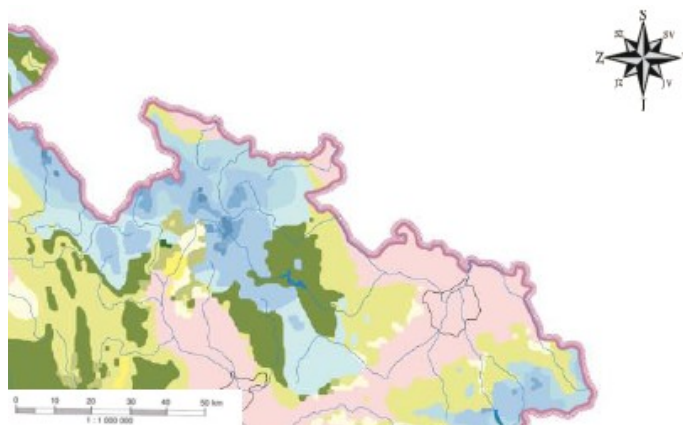
Köppenova klasifikace zařazuje Českou republiku do souvislosti se světovým klimatem. Ta uvádí, že se Karlova Studánka nachází v oblasti Dfc (obrázek č. 3), jde o oblast mírného chladného podnebí se suchou a mírnou zimou. V tomto pásmu je průměrná teplota nejteplejšího měsíce vyšší jak 10°C a průměrná teplota nejchladnějšího měsíce pod 2015

-3°C. Pohoří Praděd řadíme do studeného pásma (ET). V této oblasti je teplota nejteplejšího měsíce mezi 0-10°C. (Tolasz et al., 2007)



**Obrázek 3:** Mapa klimatických oblastí podle Köppena v měřítku 1: 2 000 000 (Tolasz et al., 2007)

Podle Quittovy klasifikace klimatických oblastí, se obec nachází v chladné oblasti C5-C6 (modrá barva). Oblast je zobrazena na obrázku č. 4 a dané parametry v tabulce č. 2. (Tolasz et al., 2007)



**Obrázek 4:** Mapa klimatických oblastí podle Quitta v měřítku 1: 1 000 000 (Tolasz et al., 2007)



**Tabulka 2: Charakteristika klimatických oblastí C5-C6 podle Quitta (Tolasz et al., 2007)**

Parametr	Oblast C5	Oblast C6
Počet letních dní	10-30	10-30
Počet dní s průměr. teplotou 10°C a více	100-120	120-140
Počet dní s mrazem	140-60	140-160
Počet ledových dní	60-70	60-70
Průměrná lednová teplota	-5 - -6	-4 - -5
Průměrná červencová teplota	14-15	14-15
Průměrná dubnová teplota	2-4	2-4
Průměrná říjnová teplota	5-6	5-6
Průměr. počet dní se srážkami 1 mm a více	120-140	140-160
Suma srážek ve vegetačním období	500-600	600-700
Suma srážek v zimním období	350-400	400-500
Počet dní se sněhovou pokrývkou	120-140	120-140
Počet zatažených dní	140-150	150-160
Počet jasných dní	30-40	40-50

## 2.4 Pedologické poměry

Podle Vopravila a Geoportálu SOWAC-GIS se obec Karlova Studánka nachází v mírně chladném vlhkém klimatickém regionu ČR. Tento region se značí kódem 8 a zahrnuje všechna podhůří v nadmořské výšce zpravidla nad 550 m.

Nacházejícím se půdním typem jsou kambizemě dystrikové, podzoly, kryptopodzoly a v malé části území se nachází i gleje. Sklonitost terénu je střední až mírná bez rozlišení expozice. Půda dosahuje označení hloubky - hluboká až středně hluboká a její zrnitost je středně skeletovitá a malá část území je bezskeletovitá až slabě skeletovitá. (<http://geoportal.vumop.cz/>; Tomášek, 2007; Vopravil et al., 2011)

## 2.5 Hydrologické poměry

V lázeňské obci Karlova Studánka se nachází minerální voda uhličitá, hydrogenuhlíčanověvápanatohorečnatá s železnatými ionty. V současnosti má dva vrty. Vrt S-7 zvaný Vladimír, který zásobuje balneoprovoz (oddělení lázní, kde se provádí koupele, slatinné zábaly, masáže a další léčebné, ale i relaxační procedury) a vrt S-2, který vede kyselku do altánku Pitného pavilonu, určeného pro potřebu návštěvníků. (Květ, 2011)

Protéká zde bystřina Bílá Opava, ta pramení v pohoří Hrubý Jeseník v sedle mezi Petrovými kameny a Pradědem v nadmořské výšce 1 280 m.n.m. Krom Karlové Studánky protéká obcemi Ludvíkovem a Vrbnem pod Pradědem. Ve Vrbně pod Pradědem se vlévá do Střední Opavy a o pár kilometrů níže se Střední Opava slévá s Černou Opavou a vytváří řeku Opavu, která teče přes Krnov a Opavu do Ostravy, kde se vlévá do Odry.

Kolem břehů Bílé Opavy se táhne 10,5 km dlouhá NS Bílá Opava, která se nachází v NPR Praděd v CHKO Jeseník. Trasa vede po žluté turistické značce mezi Karlovou Studánkou a Ovčárnou. Patří k středně náročnějším stezkám, zdolávají se zde dřevěné můstky, schodiště a lávky v převýšení 550 m.n.m. Ke shlédnutí je zde několik vodopádů, kaskád, peřejí, skalních útvarů a původní horská smrčina, tzv. smrkový prales. Nejvyšší vodopád dosahuje výšky necelých 8 m. Celou oblast řadíme do ochranného pásma I. stupně přírodních léčivých zdrojů. (<http://www.ejeseniky.com/>; <http://www.msregion.cz/>; <http://ceskehory.cz/>)

### 3. ZNEČIŠTĚNÍ Z DOPRAVY

Silniční doprava má největší podíl na celkovém znečištění ovzduší, z důvodů převahy automobilové dopravy v celkovém objemu dopravy (ve vyspělých zemích až 70%), také automobilové motory jsou největším znečišťovatelem ve srovnání s ostatními pohony užívanými v dopravě. Tento druh znečištění se v České republice i v Evropě každým rokem zhoršuje, má významný vliv na lidské zdraví a životní prostředí. (Bernard, 2008)

*„Celkové množství automobilů na Zemi přesahuje ¼ miliardy, přičemž na jedno vozidlo připadá přibližně 1 tuna vyprodukovaných škodlivin ročně. Z toho asi 70 kg tvoří oxid uhelnatý 100 kg uhlovodíky, 35 kg oxidy dusíku a zbytek oxid uhličitý a další škodliviny (olovo, polyaromáty, aldehydy aj.).“ (Vejvoda et al., 2003)*

#### 3.1 Typy pohonných hmot

Automobily se mezi sebou rozlišují pomocí pohonných jednotek, tedy mezi klasickým zážehovým motorem a vznětovým motorem. V posledních letech máme na trhu další pohonnou hmotu, kterou je plyn.

##### 3.1.1 Benzín - zážehový motor

Benzín je kapalina ropného původu. Používá se především jako palivo v zážehových spalovacích motorech, ale i jako rozpouštědlo pro ředění nátěrových hmot. Motorový benzín se skládá především z 6 až 12 atomů uhlíků v řetězcích uhlovodíku, získaných frakční destilací ropy, při zahřívání na 90 až 180 °C. Dále se upravuje k samozhášecí odolnosti dané oktanovým číslem (když je benzinu přiděleno oktanové číslo 80, znamená to, že tato pohonná hmota obsahuje 20 % nheptanu a 80 % izooktanu). Čím vyšší je hodnota oktanového čísla, tím je benzín kvalitnější a dochází k jeho dokonalejšímu spalování a k omezení detonací (klepání) motoru. Docílení těchto vlastností má za následek přidavek izooktanu. Běžně se přidávají také malá množství různých aditiv, například pro zlepšení výkonu motorů a snížení škodlivých emisí. (<https://is.muni.cz/>)

Zážehové motory pracují tak, že směs paliva a vzduchu nasají do pracovního válce a stlačí je, poté dielektrickou jiskrou zapálí. Vzhledem k jeho nedokonalému spalování je zapotřebí použít určitý přebytek vzduchu a to nejméně 20 %. Následkem nedokonalého spalování obsahují výfukové plyny zbytky nespálených uhlovodíků a oxid uhelnatý. Z přebytku vzduchu pak vznikají produkty oxidačních reakcí, hlavně oxidů dusíku. Při vysoké teplotě a tlaku při spalování se dále vytvářejí podmínky pro tvorbu dalších škodlivin, např. polycyklických uhlovodíků a sazí. (Vejvoda et al., 2003)

### **3.1.2 Nafta - vznětový motor**

Motorová nafta je složitá směs převážně ropných uhlovodíků s 12 až 20 atomy uhlíků v řetězcích uhlovodíku. Vyrábí se frakční destilací při teplotě varu 240 - 300 °C ze směsi primární petrolejové frakce a plynového oleje. Motorová nafta musí mít schopnost samovznícení při teplotě dosažené kompresí vzduchu v motorovém válci. Letní motorová nafta může obsahovat určité množství vyšších parafinů, které v zimní naftě nesmějí být, protože by zkrystalizovaly a ucpaly by tak přívod paliva do motoru. Kvalitu nafty určuje tzv. cetanové číslo. Motorová nafta se nejčastěji vyrábí s hodnotou cetanového čísla v rozmezí 45–60. (<https://is.muni.cz/>; <http://www.ropa.cz/>)

Vznětové motory nemají karburátor. Tedy k zapálení nafty se dosahuje jejím vstřikováním do stlačeného vzduchu, jehož teplota je tak vysoká, že převyšuje mez zápalnosti motorové nafty. Tento typ motoru pracuje s vyšším přebytkem vzduchu, až 600 %, než zážehový motor. Důsledkem toho je spalování dokonalejší a z hlediska emise škodlivin v mnohých ohledech lepší. Nebezpečnými emisemi u vznětových motorů jsou kouř a pevné částice, jako jsou saze, sulfáty a komponenty z mazacího oleje a paliva.

Skutečné emise škodlivin závisejí jak na stavu a seřízení motoru, tak na pracovním režimu např. zatížení motoru má velké rozdíly mezi emisí při volnoběhu, akceleraci a brždění motorem. (Vejvoda et al., 2003)

Charakteristické složení výfukových plynů zážehového a vznětového motoru je k nahlédnutí v tabulce č. 3.

**Tabulka 3: Složení výfukových plynů zážehového a vznětového motoru (Vejvoda et al., 2003)**

Složka	Jednotka	Zážehový motor	Vznětový motor
N <sub>2</sub>	% obj.	74-77	76-78
O <sub>2</sub>	% obj.	0,3-0,8	2-18
H <sub>2</sub> O	% obj.	3-5,5	0,5-4
CO <sub>2</sub>	% obj.	5-12	1-10
CO	% obj.	0-12	0-0,5
NO <sub>x</sub>	% obj.	0-0,8	0-0,5
Uhlovodíky	% obj.	0,2-3	0,01-0,5
Aldehydy	% obj.	0-0,2	0-0,1
Saze	g/m <sup>3</sup>	0-0,4	0,01-1,1
Polyaromáty	μg/m <sup>3</sup>	100-400	0-100

### 3.1.3 LPG

LPG je zkapalněný ropný plyn. Ropný plyn známý pod označením propan butan se v druhé pol. 20. století široce využíval jako topný plyn na vaření v domácnostech. Plyn určený k tomuto využití, má jinou jakost (obsahuje různé nečistoty, kaly i kondenzovanou vodu) oproti plynu určenému jako pohonná hmota. V posledních desetiletích se stal pod zkratkou LPG populárním palivem. Využití již nachází i v zážehových motorech osobních automobilů. Většinou jde o původně benzinové motory, přestavěné na LPG. Dnes se už vyrábějí zážehové motory, pro LPG přímo od výrobce.

Nízké emise vznikající při jeho spalování si získaly jméno ekologicky čisté palivo. Výhodou využívání daného paliva krom ekologického provozu je poloviční cena ve srovnání s naftou nebo benzinem; rychlá finanční návratnost do přestavby motoru; firemní vozidla LPG mají osvobození od silniční daně; interval výměny motorového oleje je delší, protože nedochází k jeho ředění; má úplné a úsporné spalování bez kouře, bez pachu a sazí; na svíčkách, pístech a ventilech se neusazuje karbon; motor je tišší a v současnosti

máme hustou síť čerpacích stanic v ČR i v celé Evropě. (<http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/>; <http://www.autogastabor.cz/>)

### 3.1.4 CNG

CNG je při tlaku 200 barů stlačený zemní plyn. Zemní plyn je více než z 90 % čistý metan. V současnosti je využíván v masovém měřítku. Jako palivo pro pohon motorových vozidel je odborníky považován za nejčistější alternativu k benzínu, motorové naftě a dokonce je o něco čistší než ropný plyn LPG.

Výroba zemního plynu CNG není závislá na ropě ani hmotně ani ekonomicky, také produkuje méně oxidu uhličitého CO<sub>2</sub> oproti LPG. Zato čerpacích stanic je na našem území přibližně 75, z tohoto důvodu, zájemci o plynový pohon využívají plyn LPG, ale pozitivní zprávou je, že stav daných stanic postupně roste.

Výhodou tohoto pohonu je opět výrazně nižší cena ve srovnání s naftou a benzínem; v namáhaných částech motoru se neusazují karbonové dehty a také má nižší hlučnost motoru (v autobusech o 50% vně vozidel a o 60-70 % uvnitř vozidel); dále jsou tyto vozy zcela osvobozeny od silniční daně; dá se tankovat a jezdit i na bioplyn, jehož složení je identické s CNG; je bezpečnější než benzín, nafta i LPG. Při spalování vzniká méně emisí. Snížené jsou emise oxidu uhličitého o 20 - 25 % ve srovnání s benzínovým motorem a snížené emise oxidu dusíku o 95 % ve srovnání s dieslovým motorem. (<http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/>)

## 3.2 Charakteristika hlavních polutantů emitovaných z dopravy

Automobilová doprava produkuje emise z výfukových plynů, důsledkem spalování pohonných hmot. Výfukové plyny motorových vozidel jsou směsí až sto chemicky rozpoznatelných látek, jejichž složení závisí na druhu paliva, typu a stavu motoru a případném užití zařízení na snížení emisí (filtrů u aut na naftu nebo katalyzátorů u aut na benzín). Množství těchto exhalátů je až desetinásobně větší, než z jiných zdrojů znečišťování (topení, průmysl). Ze samotného spalování benzínů a nafty se dostávají do

okolního vzduchu především oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), oxid uhelnatý (CO), v menší míře oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ) a emise olova (dnes již používaný bezolovnatý benzín). (Dufek et al., 2006; Kurfürst et al., 2008)

Podle Dufka (2006) dělíme polutanty na:

- a) látky přispívající k dlouhodobému oteplování atmosféry:
  - oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ),
  - methan ( $\text{CH}_4$ ),
  - oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ );
- b) látky s emisními limity danými legislativou:
  - oxid uhelnatý (CO),
  - oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ),
  - uhlovodíky ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ),
  - pevné částice (PM);
- c) látky nelimitované s nepříznivými zdravotními účinky:
  - oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ),
  - olovo (Pb) a další těžké kovy,
  - polyaromatické uhlovodíky (PAH),
  - polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a
  - polychlorované dibenzofurany (PCDF). (Dufek et al., 2006)

Do ovzduší jsou emitovány také látky z jiných zdrojů, než je samotný výfuk automobilu. Může se jednat o otěr pneumatik, brzdového obložení a opotřebením jednotlivých součástí automobilu či víření částic z vozovky. Do našeho okolí se tak z automobilového provozu dostává velké množství velmi malých prachových částic a nebezpečných plynů. (Dufek et al., 2006)

Z opotřebení pneumatik se do ovzduší emitují kovy jako arzén, hliník, kadmium, kobalt, chrom, nikl, olovo, zinek, ale i aromatický uhlovodík benzo(a)pyren. Z otěrů brzdového obložení se z nich mohou do ovzduší emitovat vlákna, která jsou kovová, minerální, keramická nebo na bázi polyamidů, dále plniva (síran baria a antimonu, kaolín,

oxidy hořčíku, oxidy chrómu a kovové prášky). Otěrem vozovky, se do ovzduší dostávají prachové částice a ty mají na znečištění větší podíl, než emise výfukových plynů. (<http://www.enviweb.cz/>; <http://ekolist.cz/>)

V letním období roku 2014, byly v Karlově Studánce sledovány atmosférické koncentrace Cd, Pb, Co, Cr, Ni, Mn, Fe, Zn, Cu, Sb, V, SR. Podle výsledků byla tato oblast o tyto prvky mírně obohacená, jejich hodnoty indexů byly menší jak 5. (Sýkorová, Kucbel et al., 2015)

### 3.3 Sekundární aerosoly

Suspendované částice neboli aerosol, představuje různorodou směs organických a anorganických částic kapalného a pevného skupenství, různé velikosti, složení a původu. Dělíme je na primární a sekundární aerosoly.

Primární částice, popsány v předchozí podkapitole, jsou emitované přímo ze zdrojů a můžeme je dělit na pocházející z antropogenních zdrojů (spalování fosilních paliv, doprava, technologické procesy, antropogenní aktivity) a ze zdrojů přírodních (mořský aerosol, sopečná činnost, kosmický spad, větrná eroze z pouští a lesní nebo stepní požáry způsobené přírodními vlivy).

Sekundární částice nejsou emitovány přímo ze zdrojů, ale vznikají při chemických (exotermních) a fotochemických (endotermních) reakcích za spolupůsobení faktorů, jako jsou meteorologické děje, mezi které patří proudění vzduchu, sluneční záření, stabilní podmínky, vlhkost vzduchu, tlak, teplota aj. Za působení chemické reakce se původní sloučenina zbavuje přebytečné energie, tedy oxiduje do nejstabilnější formy a v případě fotochemické reakce je vzniklým sloučeninám dodána energie slunečního záření a sloučenina se redukuje. (Andreovský et al., 2013)

Společným působením těchto reakcí tedy vznikají sekundární aerosoly, které jsou v mnoha případech toxičtější než primární aerosoly, včetně volných radikálů, což jsou velmi reaktivní látky schopné regenerace. Jedná se o zbytky původních sloučenin, které



podlehly fotolýze při interakci s UV zářením. Mají schopnost reagovat mezi sebou nebo s jinými sloučeninami za vzniku jiných radikálů, mezi nejběžnější patří: hydroxyl (OH<sup>-</sup>), alkyl (R<sup>-</sup>), peroxyalkyl (RO<sub>2</sub><sup>-</sup>), aryl (RCO<sup>-</sup>) a alkocyl (RO<sup>-</sup>).

Informativní a zjednodušený příklad vzniku primární látky znečišťující ovzduší ze spalování uhlí a její přeměna na sekundární látku znečišťující ovzduší je zobrazena v tabulce č. 4. (<http://www.hgf.vsb.cz/>)

**Tabulka 4: Primární LZO a Sekundární LZO (<http://www.hgf.vsb.cz/>)**

Primární LZO <sup>1</sup>	Sekundární LZO (chemické)		Sekundární LZO (fotochemické)	
CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O →	... H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	vznik kyselých vodních srážek (kyselý „Londýnský“ smog)	O <sub>3</sub> , H <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	vznik fotooxidantů (oxidační „Losangeleský“ smog)
SO <sub>x</sub> + H <sub>2</sub> O →	... H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		OH, HO <sub>2</sub> <sup>·</sup>	
NO <sub>x</sub> + H <sub>2</sub> O →	... HNO <sub>3</sub>		PAN	
HCl + H <sub>2</sub> O →	... HCL		Radikály	

Suspendované částice v ovzduší nesou pro lidské zdraví rizikový faktor. Nemají specifické složení, tudíž představují směs látek s různými účinky. Také mohou působit jako nosič pro plynné škodliviny. Dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu morfologie i funkce řasinkového epitelu, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí.

Z hlediska zdravotního působení atmosférického aerosolu na člověka byly definovány velikostní skupiny aerosolu označované jako PM<sub>x</sub>. Jejich velikost je rozhodující pro jejich průnik do dýchacího traktu a depozici v něm. Rozlišuje se thorakální frakce a respirabilní frakce. Thorakální frakce s průměrem částic do 10 μm proniká pod hrtan do spodních dýchacích cest, tato frakce je označena jako PM<sub>10</sub>. Respirabilní frakce proniká až do plicních sklípků z důvodů jemnější struktury a průměru do 2,5 μm. Má označení PM<sub>2,5</sub> (Andreovský et al., 2013)

---

<sup>1</sup> LZO - látky znečišťující ovzduší

Z ovzduší se aerosol dostává do ostatních složek ŽP pomocí suché nebo mokré atmosférické depozice. V principu platí, že čím menší průměr částice má, tím déle zůstane v ovzduší. Částice o velikosti přes 10  $\mu\text{m}$  sedimentují na zemský povrch v průběhu několika hodin, zatímco částice nejmenější mohou v atmosféře setrvávat týdny než jsou mokrou depozicí odstraněny. (<http://arnika.org/>; <http://www.irz.cz/>)

### 3.4 Emisní faktory

Pro výpočet emisí z dopravy je nutné znát emisní faktory sledovaných polutantů pro jednotlivé kategorie vozidel.

Emisními faktory ( $E_f$ ) jsou hodnoty emisí, vyprodukované vozidlem za jednotku délky ( $\text{g.km}^{-1}$ ), množství spotřebovaného paliva ( $\text{g.kg}^{-1}$  paliva), jednotku spotřebovaného výkonu motoru ( $\text{g.kWh}^{-1}$ ) nebo na jednotku spotřebované energie ( $\text{g.MJ}^{-1}$ ). Hodnoty emisních faktorů pro jednotlivé kategorie vozidel lze dopočítat v programu MEFA nebo jsou uvedené v databázi MS Access. (Dufek et al., 2006; Kurfürst et al., 2008)

## 4. IMISNÍ ZÁTĚŽ V KARLOVĚ STUDÁNCE

Již od roku 2012 je obec zapojena do projektu IMS-MSK, který řídí Zdravotní ústav v Ostravě (ZÚOVA) a je hrazen z prostředků KÚ-MSK (projekt je spolufinancován Evropskou unií – z Evropského fondu pro regionální rozvoj v rámci Operačního programu Životní prostředí). Projekt plošně monitoruje 39 bodů v celém kraji včetně lázeňské oblasti Karlova Studánka, do roku 2015. ZÚOVA zajišťuje data o plošném znečištění ovzduší látkami, které pocházejí zejména z průmyslu, dopravy a lokálních topenišť. (<http://www.obecholcovice.cz/>; <http://www.horskelazne.cz/>; <http://www.ims-msk.cz/>)

Data jsou dále uložena na webových stránkách Informačního monitorovacího systému průmyslového znečištění v Moravskoslezském kraji (<http://www.ims-msk.cz/>). Získaná data imisí, jsou dále graficky zpracována, pro dny a časy shodné s výpočty vlastních měření emisí z dopravy.

Dále byla v zimním a jarním období (2013/2014) z imisí celkové prašné depozice, této lokality, provedena identifikace zdrojů znečištění pomocí metodiky pro identifikaci zdrojů znečištění ovzduší na základě diagnostických poměrů markerů. Další vzorky celkové prašné depozice byly odebrány v letním a zimním období roku 2014, za účelem sledování a zjištění případných změn ve vývoji znečištění ovzduší. Celková prašná depozice za vzorkované období analyzovala Ing. J. Kuchařová, PhD. (pracoviště ENET, VŠB – TU Ostrava). Z těchto výsledků byl odvozen podíl dopravy na ostatních zdrojích znečištění. Pro porovnání zjištěných výsledků s reálnými daty jsem se rozhodla pro sčítání dopravy a následný výpočet pro vyprodukované emise některých znečišťujících látek. Pro vytvoření grafů jsem využila hodinová data z důvodu počítání vozidel v daný časový úsek.

### 4.1 Vzorkování

Vzorky imisí z celkové prašné depozice byly zajištěny ZÚOVA. V obci byl pro účely měření kvality ovzduší a následnou identifikaci zdrojů znečištění umístěn mobilní vozík ZÚOVA, který můžeme vidět na obrázku č. 5. Vzorky byly odebrány v měsíci

červnu a červenci 2014 (VI-VII, tj. 31.5.-30.7. 2014) v oblasti u Meteorologické stanice. Další vzorky byly odebrány na třech odběrných místech – Meteorologická stanice, Ředitelství a U dílen v měsíci srpnu a říjnu 2014 (VIII-IX, tj. 31.7.- 30.9. 2014), říjnu až prosinci 2014 (X-XI, tj. 30.9.-1.12. 2014) a v prosinci 2014 (XII, tj. 1.12.-31.12. 2014). (Kuchařová et al. (a), 2014)



*Obrázek 5: Mobilní vozík ZÚOVA (Autor, 2014)*

## 4.2 Metody měření

Přítomnost markerů v imisích se zjišťovaly za pomoci certifikované metodiky pro identifikaci zdrojů znečištění ovzduší na základě diagnostických poměrů markerů (Kuchařová et al. (b), 2014).

Pomocí výskytu markerů lze identifikovat zdroje znečištění. Markery neboli specifické látky, mají "genetický" vztah ke zdroji původní mateřské organické hmoty, která podstoupila termickou změnu. Markery organických látek jsou při spalování jednotlivých druhů paliv emitovány v množství, která jsou charakteristická pro každý druh paliva. Aby mohly být charakterizovány jednotlivé druhy paliv, musely být pro jednotlivé zdroje znečištění, vymezeny mezi jednotlivými skupinami markerů diagnostické poměry s

numerickým rozmezím. Na základě identifikace markerů v emisích a imisích a stanovení jejich diagnostických poměrů lze dané zdroje znečištění identifikovat, a poté vyjádřit míru znečištění jednotlivými zdroji. (Kuchařová et al. (b), 2014)

Mezi nejčastěji používané diagnostické poměry pro identifikaci zdroje znečištění ovzduší patří poměry mezi polycyklickými aromatickými uhlovodíky, biogenními uhlovodíky, těkavými organickými látkami (BTEX), geochemickými markery (isoprenoidní uhlovodíky, sterany, hopany), karboxylovými kyselinami (hexadekanová, oktdekanová), alkany, anhydrosacharidy (levoglukosan, manosan, galaktosan). (Kuchařová et al. (b), 2014)

#### **4.2.1 Diagnostické poměry antropogenních aromatických VOC**

Těkavé organické látky (VOC) tvoří heterogenní skupinu organických látek, které zahrnují alifatické a aromatické uhlovodíky, alkoholy, aldehydy, ketony, estery a halogenované komponenty, které jsou charakteristické vysokou těkavostí v prostředí (Van Langenhove, 2010). Aromatické těkavé uhlovodíky (BTEX) zaujímají specifické místo v rámci VOC. Poměry koncentrací látek z této skupiny patří mezi typické aromatické VOC kontaminanty ovzduší. BTEX jsou využívány pro identifikaci emisních zdrojů nebo k odhadu fotochemického stáří a původu částic v emisích. (Nelson et al., 1983; Brocco et al., 1997).

##### **T/B (toluen/benzen)**

Toluen je emitován spalováním benzínu a nafty v motorových vozidlech a v průmyslových procesech. Poměr T/B zobrazen v rozmezí 1,5 – 3,0 je považován za indikátor emisí z dopravy, při spalování uhlí byla identifikována hodnota poměru 0,84 – 0,98. Koncentrace toluenu a benzenu, jsou v ovzduší redukovány reakcí s OH radikály, a to takže toluen je redukován cca 5 x rychleji než benzen. Vysoké hodnoty proto tedy indikují čerstvé emise a naopak. (Kuchařová et al. (b), 2014)

#### 4.2.2 Diagnostické poměry geochemických biomarkerů

Biomarkery (molekulární fosilie) jsou organické látky, které vykazují přímý vztah ke genetickému zdroji organické hmoty v sedimentárních horninách včetně fosilních paliv. Všechny biomarkery mají definitivní chemickou strukturu, která je velice odolná vůči různým chemickým a fyzikálním vlivům.

Charakteristickým znakem biomarkerů je jejich perzistence a stabilita v prostředí. Během spalování fosilních paliv jsou biomarkery uvolňovány do prostředí, v žádném případě nejsou vedlejšími produkty spalování. K nejvýznamnějším zástupcům ze skupiny biomarkerů, patří hopanoidní uhlovodíky, sterany a isoprenoidní uhlovodíky. (Kuchařová et al. (b), 2014)

**Hopanoidní uhlovodíky** nebo-li **hopany** (hopanoidy) jsou odvozeny z prekurzorů buněčných membrán prokaryot (bakteriální zdroj) a sinic (modro-zelené řasy). Hopanoidy patří mezi molekulární biomarkery pro emise, které pocházejí ze spalování ropných produktů, dopravy a uhlí. Se zvyšující zralostí organické hmoty - prouhelnění (např. rašelina → lignit → hnědé uhlí → černé uhlí → ropa), dochází ke vzniku termodynamicky stabilních  $\beta\alpha$ -hopanů a  $\alpha\beta$ -hopanů. Hlavními markery pro emise ze spalování uhlí jsou  $C_{27}$  až  $C_{31}$  hopany (bez  $C_{28}$ ). (Kuchařová et al. (b), 2014) Rozlišení emisí ze spalování ropných produktů a uhlí je možné na základě poměru:

$$C_{31} \text{ 22S} / (C_{31} \text{ 22S} + C_{31} \text{ 22R}) = 22\text{S-}17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})\text{-homohopan} / (22\text{S-}17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})\text{-homohopan} + 22\text{R-}17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})\text{-hopan}).$$

Hodnoty hopanů pro průmyslové a domovní spalování uhlí jsou uvedeny v tabulce č. 5.

**Tabulka 5: Diagnostické poměry  $C_{31} \text{ S}/C_{31} \text{ (S+R)}$  pro domovní a průmyslové spalování uhlí (Kuchařová et al.(b), 2014)**

Průmyslové spalování				Lokální topeniště		
	černé uhlí	hnědé uhlí	směs černé a hnědé uhlí	antracit	černé uhlí	směs hnědé a černé uhlí
$C_{31}\text{S}/C_{31} \text{ (S+R)}$	0,87	0,49	0,51	0,511	0,52	0,337

Dalším poměrem, který se používá pro rozlišení emisí jednotlivých druhů uhlí a emisí ze spalování uhlí od ropných produktů (doprava), je poměr  $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -hopan/22R- $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan zobrazen v tabulce č. 6. Se stupněm prouhelnění se hodnota poměru zvyšuje. (Kuchařová et al. (b), 2014)

**Tabulka 6: Diagnostický poměry  $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29 norhopan/22R -  $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan pro uhlí a ropné produkty v imisích (Kuchařová et al. (b), 2014)**

Diagnostický poměr/palivo	lignit	hnědé uhlí	černé uhlí	ropné produkty
$17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29 norhopan/22R - $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan	0,1	0,8	2,6	2,1

Hodnoty poměru  $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29 norhopan/22R -  $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan pro lokální topeniště jsou uvedeny v tabulce č. 7 a pro ropné produkty jsou poměry hopanů uvedeny v tabulce č. 8.

**Tabulka 7: Diagnostické poměry  $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29 norhopan/22R -  $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan pro lokální topeniště (Kuchařová et al. (b), 2014)**

Diagnostický poměr/palivo	antracit	černé uhlí	směs hnědé a černé uhlí
$17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29 norhopan/22R - $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan	6,13	2,75	3,5

**Tabulka 8: Diagnostické poměry hopanů pro ropné produkty (Kuchařová et al. (b), 2014)**

Diagnostický poměr/palivo	Rozmezí	Druh paliva
$17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29-norhopan/(22R- $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan+ $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29-norhopan)	0,57 - 0,59	spalování ropných l.
$17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29-norhopan/(22R- $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan+ $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29-norhopan)	3,7	spalování benzínu
$17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29-norhopan/(22R- $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -homohopan+ $17\alpha(\text{H}), 21\beta(\text{H})$ -29-norhopan)	2,5	spalování nafty

**Sterany** ( $m/z = 217,218$ ) tvoří běžnou součást fosilní organické hmoty. V uhlí jsou zastoupeny sterany s počtem uhlíku  $C_{29}$ . Velmi častě zastoupenými sterany v prašné depozici je skupina  $C_{27}, C_{28}$  a  $C_{29}$ . Nejčastěji se vyskytuje cholest-5-en-3 $\beta$ -ol a 24-ethylcholest-5-en-3 $\beta$ -ol. Původ  $C_{27}-C_{29}$  steranů spočívá v biomase řas a vyšších rostlin. (Kuchařová et al. (b), 2014)

### Diagnostické poměry steranů

Z diagnostických poměrů steranů pro rozlišení emisí ze spalování ropných látek od emisí ze spalování uhlí jsou aplikovány sterany ze skupiny  $C_{27}, C_{28}$  a  $C_{29}$ . Pro surovou ropu se hodnota poměru isomerů 20S a 20R 5 $\alpha$ (H),14 $\alpha$ (H),17 $\alpha$ (H) k 5 $\alpha$ (H), 14 $\beta$ (H),17 $\beta$ (H) steranů ( $\alpha\alpha\alpha/\alpha\beta\beta$ ) pohybuje okolo 1. Nejčastěji používané poměry pro indikaci ropných produktů (látek) v prostředí jsou uvedeny v tabulce č. 9. (Kuchařová et al. (b), 2014)

**Tabulka 9: Diagnostické poměry steranů (Kuchařová et al. (b), 2014)**

Diagnostický poměr steranů	Rozmezí poměru
$C_{27}\alpha\beta\beta/C_{29}\alpha\beta\beta$	0,84 - 1,14
$C_{27}\alpha\alpha\alpha\ 20S/(20S+20R)$	0,29 - 0,61
$C_{29}\alpha\beta\beta\ 20(S+R)/C_{27}\alpha\beta\beta\ 20(S+R)$	0,83 - 0,96
$C_{27}\alpha\beta\beta\ 20(S+R)/C_{29}\alpha\beta\beta\ 20(S+R)$	1,03 - 1,2
$C_{27}\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$	0,66
$C_{28}\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$	0,63 - 0,78
$C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$	0,61 - 0,64

Mezi nejvýznamnější **isoprenoidní uhlovodíky**, které v prachových částicích indikují přítomnost organické hmoty z fosilních paliv, patří pristan a fytan. Pristan (2,6,10,14-tetramethylpentadekan) a fytan (2,6,10,14-tetramethylhexadekan) vznikají degradací fytolu, který tvoří základní molekulu chlorofylu. Pristan a fytan jsou produkovány spalováním benzínu a nafty, zjistitelné jsou i v mazacích olejích. Diagnostické poměry isoprenoidních uhlovodíků slouží pro rozlišení emisí ze spalování fosilních paliv – ropných produktů (benzín, nafta, motorové oleje) a uhlí (černé, hnědé, antracit, lignit). Hodnota poměru pristan/fytan umožňuje rozlišit degradační produkty z



ropných látek a ze spalování uhlí. Pro degradační produkty *ze spalování uhlí je hodnota poměru  $Pr/Ph \geq 1$ , pro degradační produkty ze spalování nafty je hodnota poměru  $Pr/Ph < 1$* . (Kuchařová et al. (b), 2014)

#### 4.2.3 Diagnostické poměry anhydrosacharidů pro emise ze spalování biomasy

Spalování biomasy produkuje (při termickém rozkladu celulózy a hemicelulózy) specifické markery – anhydrosacharidy. Anhydrosacharidy zahrnují levoglukosan, manosan a galaktosan. Levoglukosan je produkován spalováním recentní (současně rostoucí) biomasy a lignitů. Manosan a galaktosan vznikají převážně z termického rozkladu hemicelulózy. Pomocí aplikace diagnostických poměrů mezi jednotlivými anhydrosacharidy lze stanovit druh spalované biomasy. (Kuchařová et al. (b), 2014)

##### Levoglukosan/manosan (L/M)

Poměr L/M uvedený v tabulce č. 10, je unikátním diagnostickým poměrem, který umožňuje rozlišit nejen emise jehličnatých a listnatých dřevin, ale umožňuje i rozlišit tyto emise od emisí ze spalování lignitu a odpadní biomasy (dřevěných briket, peletek). (Kuchařová et al. (b), 2014)

*Tabulka 10: Diagnostický poměr L/M pro středoevropskou biomasu (Kuchařová et al. (b), 2014)*

Diagnostický poměr	Rozmezí poměru	Druh biomasy
Levoglukosan/manosan	3,6 - 3,9	jehličnaté dřeviny
	14 - 15	tvrdé dřeviny
	30 - 50	byliny
	31 - 90	lignit
	2,5	brikety
	1,7	dřevní štěpka

#### 4.2.4 Diagnostické poměry C18/C16 (kyselina stearová/palmitová)

Karboxylové kyseliny, zvláště kyselina oktadekanová a stearová jsou produkovány spalováním různých biopaliv a fosilních paliv (ropné látky, uhlí).

Diagnostické poměry pro stanovení druhu biomasy jsou zobrazeny v tabulce č. 11. (Rogge et al., 1991)

**Tabulka 11: Diagnostický poměr C18/C16 pro stanovení druhu biomasy (Rogge et al., 1991)**

Diagnostický poměr	Rozmezí poměru	Druh biomasy
C18/C16	0,25	spalování biomasy (dřeva)
C18/C16	< 0,25	spalování listí
C18/C16	0,25 - 0,5	spalování benzínu a nafty
C18/C16	2,11	spalování černého uhlí
C18/C16	0,96	spalování hnědého uhlí

### 4.3 Analýza celkové prašné depozice a analýza prachových částic z komunikace

Analýzy byly provedeny pomocí pyrolýzní plynové chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí (Py-GC/MS) v laboratořích ENET, VŠB – TU Ostrava (Ing. J. Kuchařová, PhD). Vzorek suché depozice o hmotnosti 100 µg byl vložen do křemenné trubičky a oba konce trubičky, byly uzavřeny křemennou vatou. Vzorek byl vložen do pyrolýzní jednotky CDS Analytical 5200 Inc., kde byl zahříván z počáteční teploty 50 °C, na konečnou teplotu 750 °C, s rychlostí růstu teploty 10 °C/ms po dobu 20 s. Poté byl plyný vzorek uveden prostřednictvím rozhraní ( $t=285$  °C) do nástřiku ( $t=250$  °C) plynového chromatografu HP Agilent 7890 A, kde byl separován na nepolární koloně HP5 ms (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Separace probíhala v následujícím programu: 40 °C (4 min.) až 220 °C (10 min.) s rychlostí růstu teploty 20 °C/min., dále od 220 °C rychlostí růstu teploty 33 °C/min až do 300 °C (20 min.). Analýza biomarkerů probíhala v SIM módu ( $m/z = 191, 217, 218$ ), analýza ostatních látek probíhala ve skenovém módu 29 - 550 Da. Identifikace byla provedena pomocí knihovny spekter NIST a pomocí standardů. Kvantifikace proběhla pomocí externí kalibrace se standardy látek. Standardy chemikálií byly dodány firmou Chiron a Absolute standards. (Kuchařová et al. (a), 2014; Kuchařová et al. (b), 2014)

#### 4.4 Dopravní zátěž

Karlova Studánka je turisticky velmi navštěvovaná oblast. Z tohoto důvodu je zde zvýšena doprava. Pro ověření zjištěných zdrojů znečištění jsem spočetla hodnoty emisí z dopravy na základě mnou provedeného sčítání vozidel. Zapisovala jsem počet vozidel, které projely obcí Karlova Studánka. Vozidla byla, zaznamenávaná do sčítacích listů, podle vzoru na obrázku č. 6, na kterých jsou vozidla rozdělena do kategorií:

- nákladní automobily - lehká, střední (s přívěsem, bez přívěsu), těžká (s přívěsem, bez přívěsu) a návěsové soupravy,
- autobusy,
- traktory - s přívěsem, bez přívěsu
- osobní automobily a
- motocykly.

[illegible]

**Obrázek 6: Vzorový sčítací list (CDV, [online])**

Sčítání se uskutečnilo v měsících říjen, listopad, leden a únor nejčastěji v časovém rozptylu od 9 do 16 hodiny. Pro měsíce říjen a listopad byla do výpočtů emisí zahrnuta data osobních automobilů, lehkých a těžkých nákladních vozidel (souhrn středních a těžkých nákladních vozidel a návěsových souprav) a autobusů. Počet odečtených vozidel,

2015

dle zmíněných kategorií, je zaznamenán i s daty a časy sčítání v tabulce č. 12 a tabulce č. 13. Data měsíců leden a únor nebyly v této práci použity, jelikož hodnoty imisí ZÚOVA, ještě nejsou k dispozici na webových stránkách IMS - MSK.

*Tabulka 12: Počty vozidel, sečtených během měsíce října, v obci Karlova Studánka (Autor, 2014)*

12.10.2014					28.10.2014				
Čas [hodina]	Druh vozidla				Čas [hodina]	Druh vozidla			
	LV	TV	A	OA		LV	TV	A	OA
9:00	1	-	5	131	9:00	7	-	5	145
10:00	1	1	5	160	10:00	6	-	4	176
11:00	5	1	3	138	11:00	7	-	2	138
12:00	1	-	3	143	12:00	5	-	3	147
13:00	4	-	3	150	13:00	4	-	3	163
14:00	3	-	3	189	14:00	8	-	1	221
15:00	6	-	6	173	15:00	4	-	6	188
16:00	1	-	6	182	16:00	2	-	3	162

*Tabulka 13: Počty vozidel, sečtených během měsíce listopadu, v obci Karlova Studánka (Autor, 2014)*

12.11.2014					21.11..2014				
Čas [hodina]	Druh vozidla				Čas [hodina]	Druh vozidla			
	LV	TV	A	OA		LV	TV	A	OA
9:00	11	2	2	56	9:00	8	3	3	45
10:00	18	2	3	50	10:00	17	6	3	44
11:00	20	2	2	44	11:00	19	3	3	54
12:00	11	2	6	72	12:00	5	6	5	59
13:00	11	3	5	74	13:00	8	1	4	45
14:00	7	-	2	57	14:00	12	1	3	68
15:00	-	-	-	-	15:00	8	1	1	32

#### 4.4.1 Program MEFA 13

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, je pro výpočet emisí z dopravy potřeba znát emisní faktory emitovaných škodlivin pro jednotlivé kategorie vozidel.

K tomuto úkolu byla použita demo verze programu MEFA 13 - verze 1.0.7, ta je dostupná na stránkách ATEM. (Program MEFA, 2013). Umožňuje výpočet univerzálních emisních faktorů pro všechny základní kategorie vozidel poháněných kapalnými i alternativními plynými pohonnými hmotami. Jako vstupní data, musíme zadat výpočtový rok, kategorii vozidla, typ paliva, emisní úroveň, plynulost provozu, podélný sklon vozovky a rychlost jízdy.

Po zadání vstupních dat, klikneme na výpočet faktorů a objeví se nám tabulka, stejná jako na obrázku č. 7, nejdůležitějších emitovaných škodlivin a jejich emisí.

**MEFA - emisní faktory pro motorová vozidla**

Program Editovat nápověda

Výpočtový rok: 2014  
Kategorie vozidla: Osobní

Charakteristika vozidla  
Palivo: Benzin  
Emisní úroveň: Konvenční  
Vytížení HDV (%): 50

Charakteristika podmínek provozu  
Plynulost provozu: 1  
Podélný sklon vozovky (%): 0  
Rychlost jízdy (km/h): 5  
**Max. rychlost vozidla je 130 km/h.**

Emitovaná škodlivina	Emisní faktor
NO <sub>x</sub> (g/km)	2.9024
CO (g/km)	25.1472
SO <sub>2</sub> (g/km)	0.0176
PM (g/km)	0.0294
PM <sub>10</sub> (g/km)	0.0232
PM <sub>2,5</sub> (g/km)	0.0130
NO <sub>2</sub> (g/km)	0.1451
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> (g/km)	16.8308
PAH (g/km)	0.0021
methan (g/km)	0.4800
propan (g/km)	0.0914
1,3-butadien (g/km)	0.1003
benzen (g/km)	0.9555
toluen (g/km)	2.5219
styren (g/km)	0.1870
formaldehyd (g/km)	0.4208
acetaldehyd (g/km)	0.1169
benzoapyren (μg/km)	5.9963

<< Zpět      Výpočet faktorů

Obrázek 7: Otevřené okno programu MEFA 13 (Autor, 2015)

S programem MEFA můžeme počítat emisní faktory pro 28 kategorií silničních vozidel lišících se druhem dopravy (osobní, lehká nákladní, těžká nákladní a autobusy), dále předpisem EURO, který musí splňovat (vozidla konvenční, EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 a EURO 6) a druhem používaného paliva (benzín, diesel, LPG a CNG). (Uživatelská příručka programu MEFA, 2013; Žarlová, 2012)

#### 4.4.2 Vstupní data

Dopočítané emisní faktory pro vstupní data z tabulky č. 14 jsou k dispozici u autora.

*Tabulka 14: Vstupní data zadaná do programu MEFA 13 (Autor, 2015)*

<b>Výpočtový rok</b>	2014	
<b>Rychlost jízdy</b>	50 km/h	
<b>Podélný sklon vozovky</b>	0 %	
<b>Plynulost provozu</b>	1	
<b>Emisní úroveň</b>	Osobní CNG	EURO 2
	BUS LPG	EURO 2
	BUS CNG	EURO 3
	Ostatní	konvenční

#### **Výpočtový rok**

Defnuje rok, pro který se provádí výpočet. Ovlivňuje emisní faktory z hlediska platnosti emisních předpisů a kvality distribuovaných paliv. V programu MEFA 13 lze zvolit roky 1995 - 2040. Pro výpočet emisních faktorů byl použit rok 2014.

#### **Kategorie vozidla**

Z jednotlivých vozidel lze zvolit osobní automobil (OA), lehký nákladní vozidlo (LDV), těžký nákladní vozidlo (HDV) a autobus (BUS). Do výpočtu byla zahrnuta data

osobních automobilů, lehkých a těžkých vozidel (souhrn středních a těžkých nákladních vozidel a návěsových souprav) a autobusů.

### **Palivo**

U paliva máme na výběr benzín, diesel, zkapalněný ropný plyn (LPG) a stlačený zemní plyn (CNG). Kategorie benzín zahrnuje všechny druhy automobilových benzinů oktanových hodnot 91 až 98, včetně olovnatých. Kategorie diesel zahrnuje i směsnou bionaftu (obsahující 30 % hm. methylesterů řepkového oleje), jejíž emisní parametry jsou prakticky srovnatelné s běžnou motorovou naftou čistě ropného původu. U osobních automobilů byly vypočteny emisní faktory pro benzín, naftu, LPG a CNG. Pro lehká nákladní vozidla a těžká nákladní vozidla byly vypočteny emisní faktory pro naftu a u autobusů byly vypočteny emisní faktory pro naftu, LPG a CNG.

### **Emisní úroveň**

Zde máme na výběr kategorii konvenční, EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 a EURO 6. Kategorie konvenční se týká vozidel splňujících emisní limity platné ještě před emisními úrovněmi EURO. U těchto vozidel nebyla realizována žádná technická opatření na pohonné jednotce či výfukovém systému za účelem snížení emisí škodlivin. V programu MEFA byla použita u osobních automobilů, lehkých nákladních vozidel, těžkých nákladních vozidel a autobusů jezdících na diesel úroveň konvenční, krom osobních automobilů jezdících na LPG, kde byla použita úroveň EURO 2. Dále v případě autobusů jezdících na LPG byla použita emisní úroveň EURO 2 a autobusů jezdících na CNG emisní úroveň EURO 3.

### **Rychlost jízdy**

Rychlost jízdy uvádí průměrnou rychlost dopravního proudu v jednotkách km/h. Hodnoty výběru činí 5 km/h - 130 km/h. Rychlost jízdy HDV a BUS je omezena pouze do 100 km/h. V programu byla použita rychlost 50 km/h z důvodu průjezdů vozidel obcí.

### **Podélný sklon vozovky**

Zde lze zvolit hodnoty od -10, -9, -8,..., 0,...+8, +9, +10 %. V programu MEFA bylo použito 0% podélného sklonu vozovky.

### **Emitované škodliviny**

Program je schopen určit faktory pro tyto emitující škodliviny: NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, PAH, methan, propan, 1,3 - butadien, styren, benzen, toluen, formaldehyd, acetaldehyd, benzo(a)pyren. V programu MEFA byly zvolené emitující škodliviny: PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> a CO, pro které byly vypočteny emisní faktory a dále zpracovány grafy.



## 5. VYHODNOCENÍ

### 5.1 Identifikace zdrojů

Zhodnocení imisí z celkové prašné depozice, bylo provedeno za období červen až prosinec 2014.

Pro stanovení původu emisí z dopravy a spalování uhlí, byl aplikován poměr  $\text{Pr/Ph}$   $<1$ , odpovídají emisím z dopravy a hodnoty poměru  $\text{Pr/Ph} >1$  odpovídají spalování uhlí. Hodnoty poměru  $\text{Pr/Ph}$  pro jednotlivé měsíce a stanoviště jsou uvedeny v tabulce č. 15.

**Tabulka 15: Hodnoty poměru  $\text{Pr/Ph}$  pro jednotlivá stanoviště (Kuchařová et al. (a), 2004)**

Měsíc odběrů vzorků	VI-VII	VIII-IX	VIII-IX	VIII-IX	X-XI
Diagnostický poměr/ Stanoviště	Met. stanice	Met. stanice	Ředitelství	U dílen	Met. stanice
Pr/Ph	0,67	0,96	0,48	0,6	2,63
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	spal. uhlí
Měsíc odběrů vzorků	X-XI	X-XI	XII	XII	XII
Diagnostický poměr/ Stanoviště	Ředitelství	U dílen	Met. stanice	Ředitelství	U dílen
Pr/Ph	3,66	1,03	2,5	3,67	2
Zdroj	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí

Z tabulky č.15 vyplývá, že v období od června do září na všech stanovištích převládají emise z dopravy a v období od října do prosince začínají převládat emise ze spalování uhlí.

Pro stanovení přítomnosti emisí ze spalování a používání ropných produktů (benzín, nafta, motorové a mazací oleje) byly provedeny analýzy pomocí diagnostických poměrů steranů a hopanů viz tabulka č. 16.

**Tabulka 16: Diagnostické poměry steranů VI - IX (Kuchařová et al. (a), 2014)**

		VI – VII	VIII – IX	VIII – IX	VIII – IX
Diagnostický poměr	Rozmezí poměru – ropné l.	Met.stanice	Met.stanice	Ředitelství	U dílen
$C_{27}\alpha\beta\beta/C_{29}\alpha\beta\beta$	0,84-1,14	0,99	0,75	0,75	0,9
$C_{27}\alpha\alpha\alpha S/(C_{27}\alpha\alpha\alpha S+C_{27}\alpha\alpha\alpha R)$	0,29-0,61	0,47	0,6	0,56	0,53
$C_{29}\alpha\alpha\alpha S/(C_{29}\alpha\alpha\alpha S+C_{29}\alpha\alpha\alpha R)$	0,25-0,61	0,39	0,36	0,25	0,38

Na zbývajících stanovištích v období X-XII překročily diagnostické poměry steranů rozmezí uvedená pro emise z dopravy, tzn. že se jedná o emise ze spalování fosilních paliv na bázi uhlí. Výsledky pro srovnání jsou uvedeny v tabulce č. 17.

**Tabulka 17: Hodnoty poměrů hopanů pro analyzované imise (Kuchařová et al. (a), 2014)**

Měsíc odběrů vzorků	VI-VII	VIII-IX	VIII-IX	VIII-IX	X-XI
Diagnostický poměr/Staniště	Met. stanice	Met. stanice	Ředitelství	U dílen	Met. stanice
$C_{31}S/C_{31}(S+R)$	0,62	0,61	0,6	0,6	0,5
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	spal. uhlí
$norhopan/22R-C_{31}+norhopan$	0,59	0,58	0,56	0,59	0,48
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	spal.uhlí
Měsíc odběrů vzorků	X-XI	X-XI	XII	XII	XII
Diagnostický poměr/Staniště	Ředitelství	U dílen	Met. stanice	Ředitelství	U dílen
$C_{31}S/C_{31}(S+R)$	0,51	0,54	0,54	0,55	0,51
Zdroj	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí
$norhopan/22R-C_{31}+norhopan$	0,34	0,94	0,96	0,97	0,91
Zdroj	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí

Rozmezí poměru  $C_{31}S/C_{31}(S+R)$  pro emise ze spalování uhlí se pohybují v domácích topeništích okolo 0,5 (černé uhlí). Emise pro spalování ropných produktů se pohybují okolo 0,60. Z tabulky č. 17 je zřejmé, že emise produkované v období VI-IX pocházejí převážně ze spalování ropných produktů, zatímco emise produkované v období od X-XII pocházejí především ze spalování uhlí.

Z dalších markerů byl aplikován poměr **C18/C16 (oktadekanová/hexadekanová kyselina)** zobrazen v tabulce č. 18. Hodnota poměru C18/C16 pro emise ze spalování biomasy (dřeva) je rovna 0,25. Emise ze spalování benzínu a nafty mají poměr C18/C16 v rozmezí od 0,25 do 0,5. Emise ze spalování černého uhlí mají hodnoty poměru C18/C16 okolo 2,11 a pro hnědé uhlí je uváděna hodnota okolo 0,96.

**Tabulka 18: Hodnoty poměru C18/C16 pro analyzované imise (Kuchařová et al. (a), 2014)**

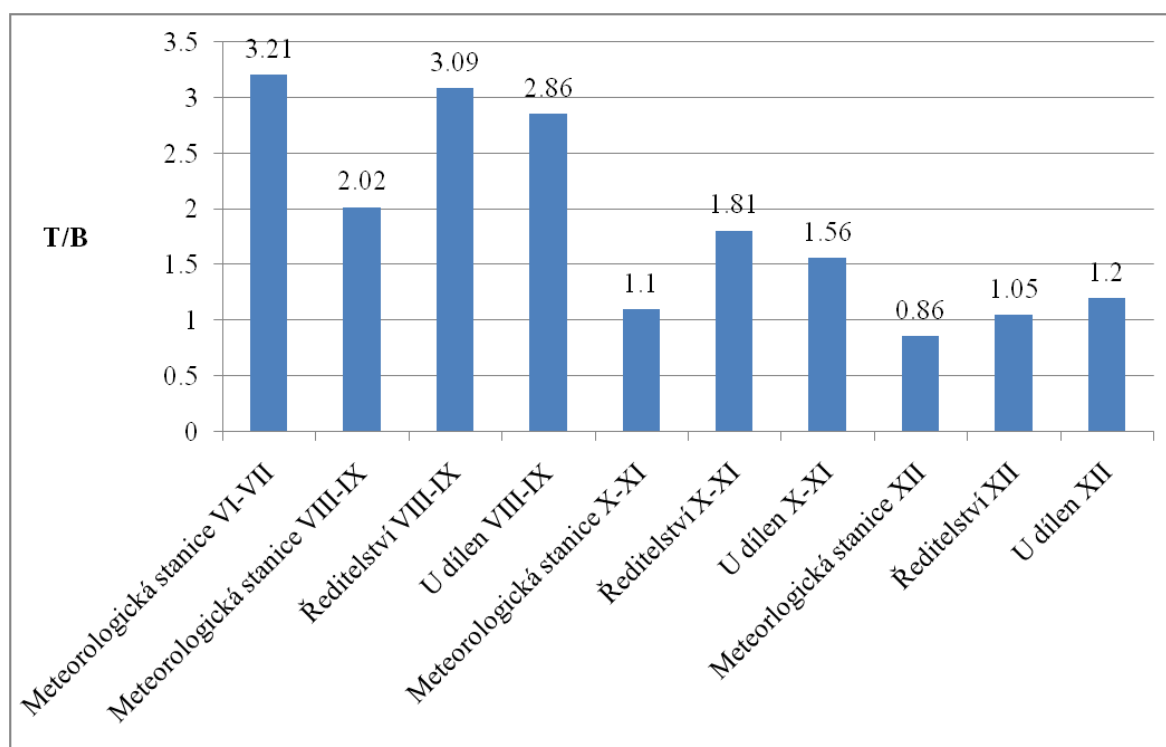
Měsíc odběrů vzorků	VI-VII	VIII-IX	VIII-IX	VIII-IX	X-XI
Diagnostický poměr/Stanoviště	Met. stanice	Met. stanice	Ředitelství	U dílen	Met. stanice
$C_{18}/C_{16}$	0,76	0,79	0,5	0,5	0,25
Zdroj	kombinovaný	kombinovaný	doprava	doprava	spal. biomasy
Měsíc odběrů vzorků	X-XI	X-XI	XII	XII	XII
Diagnostický poměr/Stanoviště	Ředitelství	U dílen	Met. stanice	Ředitelství	U dílen
$C_{18}/C_{16}$	0,5	0,97	2,51	2,47	1,51
Zdroj	doprava	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí	spal. uhlí

Z tabulky č. 18 lze vyčíst, že karboxylové kyseliny jsou podle doby odběru produkované různými zdroji znečištění. V měsících VI-IX převládají emise z dopravy. V měsících X-XII se vyskytují v jednotlivých odběrných místech různé zdroje emisí C18 a C16, které zahrnují emise ze spalování biomasy, dopravy a ze spalování uhlí.

Vzhledem k velikosti poměru C18/C16 v odběrném místě U dílen v období X-XI, není vyloučena přítomnost silničního prachu a sazí z domácích topenišť. Existence silničního prachu a sazí ve vzorku z této lokality byla potvrzena prostřednictvím poměru

**(benzo(b)fluoranthen+benzo(k)fluoranthen) / benzo(ghi)perylene**, který nabývá hodnoty 2,12, která je v rozmezí pro indikaci silničního prachu a sazí.

Dále lze emise z dopravy charakterizovat pomocí poměru T/B. Hodnoty T/B v rozmezí od 1,5 do 4,5 indikují zdroj uhlovodíků z dopravy. Hodnoty poměru T/B pro jednotlivá stanoviště jsou zobrazeny v grafu č. 1.



*Graf 1: Vývoj poměru T/B v rámci analyzovaného období (Kuchařová et al. (a), 2014)*

Hodnoty poměru T/B v období VI-XI charakterizují zdroj znečištění jako dopravu. Nejvyšší hodnoty poměru toluenu a benzenu byly identifikovány v období VI-IX, v pozdějším období X-XII hodnoty klesají, a tudíž se zvyšuje podíl benzenu a toluenu ze spalovacích procesů fosilních paliv a biopaliv.

Sloučeniny, jejichž zdrojem je doprava a spalování biomasy lze v analyzovaných imisích identifikovat a vzájemně rozlišit, také na základě poměru uhlovodíků **reten/(reten+chrysen)**. Emise ze spalování ropných produktů jsou charakterizovány rozmezím poměru reten/(reten+chrysen) od 0,15 do 0,25. Emise ze spalování současné biomasy od 0,83 do 1. Velikost poměru reten/(reten+chrysen) pro analyzované imise je k nahlédnutí v tabulce č. 19.

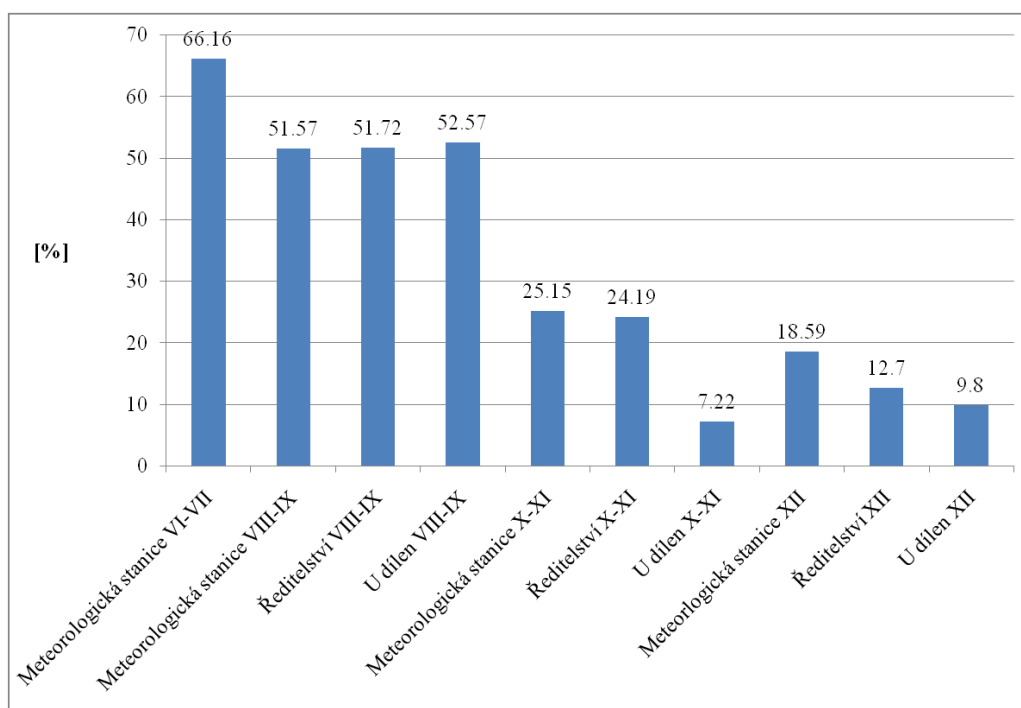
**Tabulka 19: Poměr reten/(reten+chrysen) pro imise (Kuchařová et al. (a), 2014)**

Měsíc odběrů vzorků	VI-VII	VIII-IX	VIII-IX	VIII-IX	X-XI
Diagnostický poměr/Stanoviště	Met. stanice	Met. stanice	Ředitelství	U dílen	Met. stanice
Re/(Re+Chry)	0,25	0,17	0,23	0,19	0,82
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	spal. biomasy
Měsíc odběrů vzorků	X-XI	X-XI	XII	XII	XII
Diagnostický poměr/Stanoviště	Ředitelství	U dílen	Met. stanice	Ředitelství	U dílen
Re/(Re+Chry)	0,23	0,83	0,82	0,22	0,82
Zdroj	doprava	spal.biomasy	spal. biomasy	doprava	spal. biomasy

Z tabulky č. 19 lze vyčíst, že emise v období VI-IX pocházejí především z dopravy. Dále se nachází na stanovišti Ředitelství v období X-XI a XII. U zbylých stanovišť Meteorologická stanice a U dílen v období X-XII, byla zjištěna přítomnost fragmentů retenu a chrysenu ze spalování biomasy.

U imisí bylo dále posuzováno jejich fotochemické stáří a místo vzniku. Pro toto posouzení lze využít poměr (m+p)-xylen/ethylbenzen a (m+p)-xylen/benzen. Xylen a toluen degraduje rychleji než benzen a z toho důvodu byly xyleny použity pro odhad stáří vzdušné hmoty. Hodnoty poměrů X/B 0,59-0,11 indikují staré emise, které byly transportovány z jiných míst. Pro čerstvé emise jsou uváděny hodnoty poměru X/B větší než 1,1. Této hodnotě zpravidla odpovídají poměry T/N < 0,4.

Ve značném množství se v imisích nachází styren. Styren má v těchto imisích přírodní původ, pochází z degradace ligninů, taninů a částečně bílkovin. Přírodní původ byl určen na základě velikosti poměru E3/S (toluen/styren). Přírodní organická hmota je charakterizována velikostí poměru  $E3/S > 1$ , v případě všech analyzovaných emisí, byla velikost poměru  $E3/S > 1$ , výsledky můžeme vidět v tabulce č. 20. Uvedené množství biogenní hmoty v % je znázorněno v grafu č. 2.



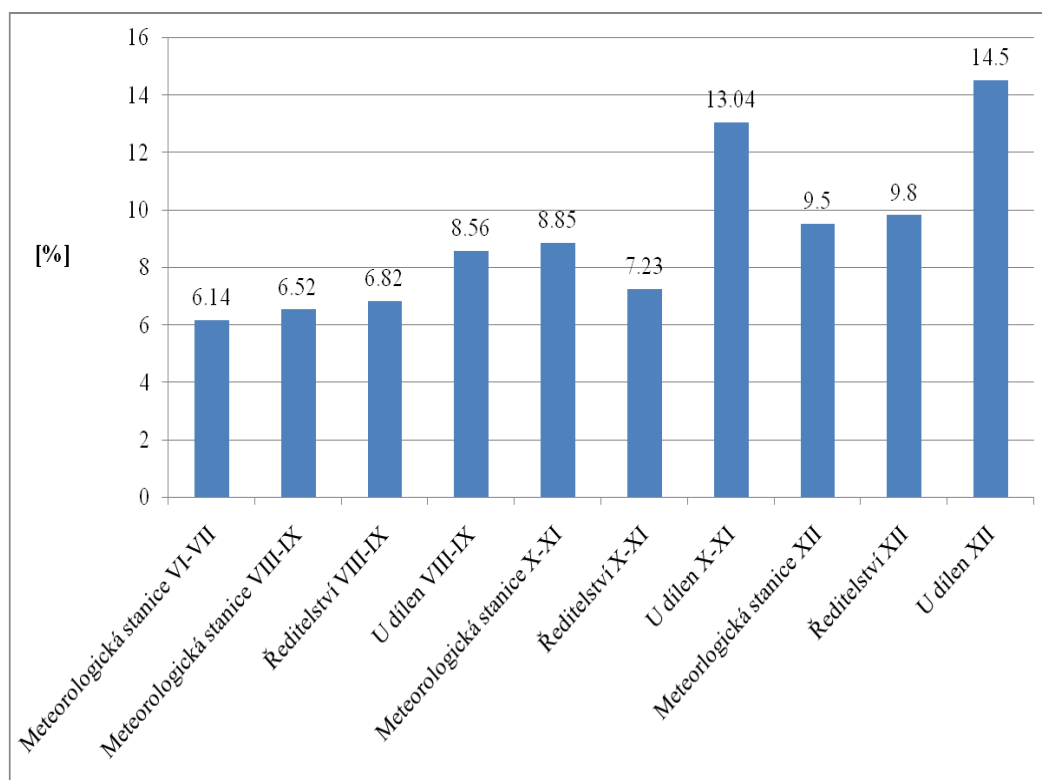
**Graf 2: Množství biogenní organické hmoty v imisích (Kuchařová et al. (a), 2014)**

**Tabulka 20: Hodnoty poměru toluen/styren ( $E3/S$ ) pro analyzované imise (Kuchařová et al. (a), 2014)**

Měsíc	VI-VII	VIII-IX	X-XI	XII	VIII-IX	X-XI	XII	VIII-IX	X-XI	XII
	Meteorologická stanice				Ředitelství			U dílen		
E3/S	1	2,87	1,46	2,17	2,86	2,84	2,17	1,43	1,31	1,91

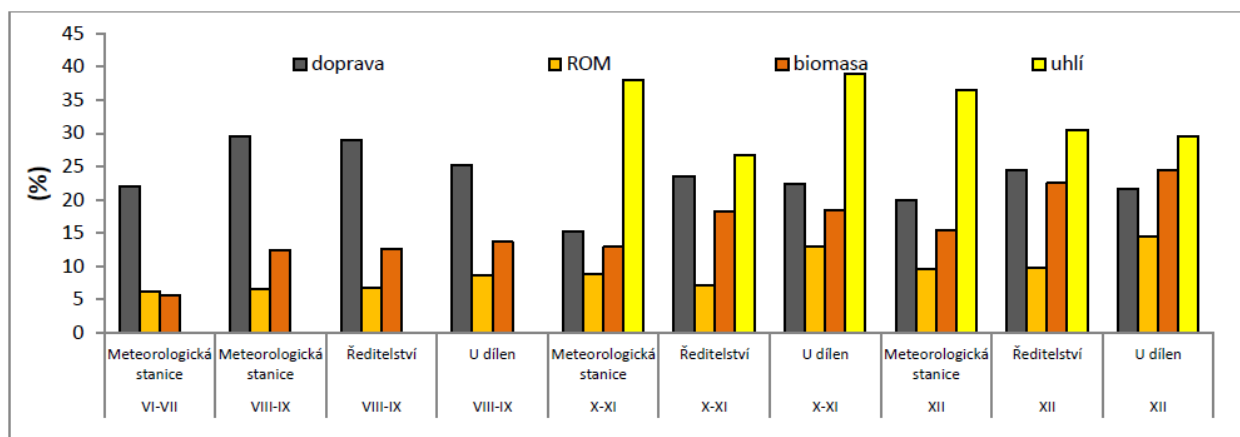
Největší množství biogenní hmoty je v imisích přítomno v období VI-IX, poté klesá. Průměrná koncentrace biogenní hmoty v období VI-IX pro všechna stanoviště činí 55,51 %. Z grafu č. 2 lze vyčíst, že množství biogenní hmoty v imisích odráží vegetační cyklus rostlin. V období podzimu až zimy (X-XII) vidíme průměrný obsah biogenní hmoty na stanovištích 16,28 %.

V imisích byl analyzován také obsah obtížně rozložitelné organické hmoty (ROM - uhlikatý produkt nedokonalého spalování). ROM se zvyšuje od léta do zimy na všech stanovištích (graf č. 3). Průměrné obsahy ROM v období od VI do IX měsíce činí 7,01 %, zatímco průměrné obsahy v období od X do XII měsíce jsou 10,49 %. Maxima ROM pro daná stanoviště jsou spojena s přelomem podzimního a zimního období.



**Graf 3: Množství rezistentní organické hmoty spojené s black carbon v analyzovaných imisích (Kuchařová et al. (a), 2014)**

Na základě stanovení markerů a výpočtu jejich diagnostických poměrů v imisích z Karlovy Studánky, byla zjištěna % míra znečištění, která je produkována jednotlivými zdroji znečištění (spalování fosilních paliv, doprava, spalování biopaliv apod.). Procentuální míra znečištění byla zjištěna na základě obsahu (koncentrace, % zastoupení) unikátních markerů pro daný zdroj znečištění v analytu (graf č. 4). Podstatnou část antropogenního znečištění v rámci celého analyzovaného období tvoří emise z dopravy, ke kterým se v podzimním a zimním období (X-XII) přidávají emise ze spalování uhlí. Emise ze spalování dříví jsou produkovány v rámci celého období, jejich míra se zvyšuje s příchodem podzimního a zimního období. Procentuálně největší znečištění je téměř u všech analyzovaných imisí (s výjimkou zimních vzorků), tvořeno biogenní hmotou přírodního charakteru. Množství biogenní přírodní hmoty v jednotlivých imisích, je zobrazeno v tabulce č. 21.



Graf 4: Procentuální míra znečištění jednotlivými zdroji v analyzovaných imisích (Kuchařová et al. (a), 2014)

Tabulka 21: Množství biogenní hmoty přírodního původu (Kuchařová et al. (a), 2014)

Měsíc odběru	VI-VII	VIII-IX	X-XI	XII	VIII-IX	X-XI	XII	VIII-IX	X-XI	XII
Stanoviště	Meteorologická stanice				Ředitelství			U dílen		
Biogenní hmota (%)	66,16	51,57	25,15	18,59	51,72	24,19	12,7	52,57	7,22	9,8

Z tabulky č. 21 je zřejmé, že množství biogenní hmoty v imisích, odráží vegetační stádium rostlin. Největší obsahy biogenní hmoty, se vyskytují v letních a podzimních



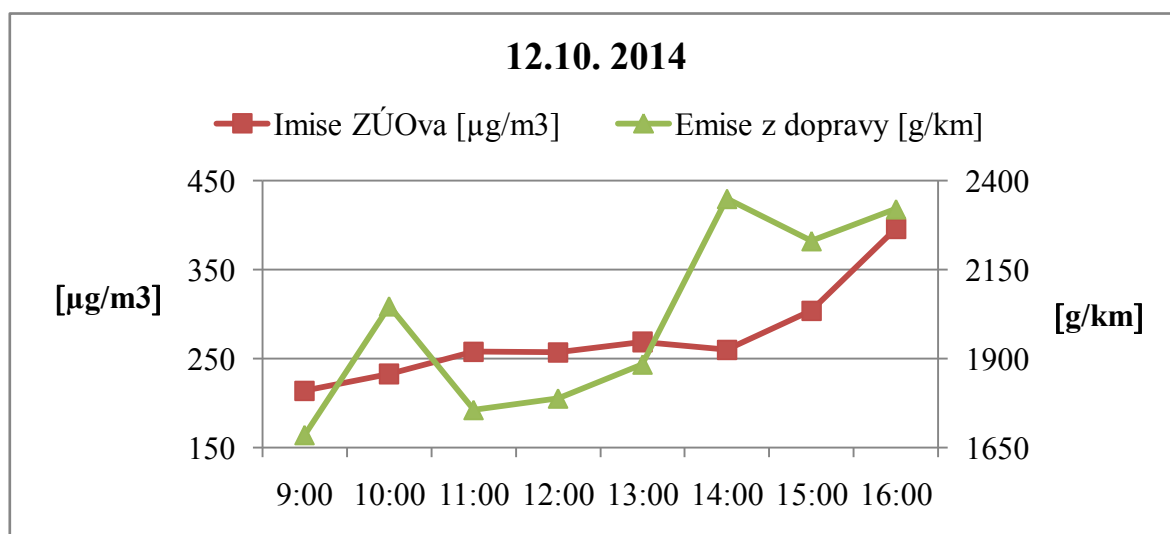
měsících. Letní měsíce jsou charakterizovány progresivním růstem a množením vegetace. V podzimním období jsou vyšší emise biogenní hmoty důsledkem odpadu a následného rozkladu organické hmoty. Obsah biogenní hmoty pozvolně klesá od období VI-IX. Minima jsou spojena se zimními měsíci X-XII (doba vegetačního klidu). Obsahy biogenní hmoty a její procentuální míra znečištění pro analyzované imise je v souladu s referencemi uváděnými v literatuře pro venkovské oblasti. (Kuchařová et al. (a), 2014)

## 5.2 Grafy imisí a emisí

Ze zjištěných hodinových imisí z webových stránkách IMS - MSK a dopočtených hodnot emisí z dopravy, jsem vytvořila grafy. Grafy obsahují parametry naměřených imisí z ovzduší a emisí z dopravy pro danou znečišťující látku, v měsících říjen a listopad, v den a čas prováděného sčítání dopravy.

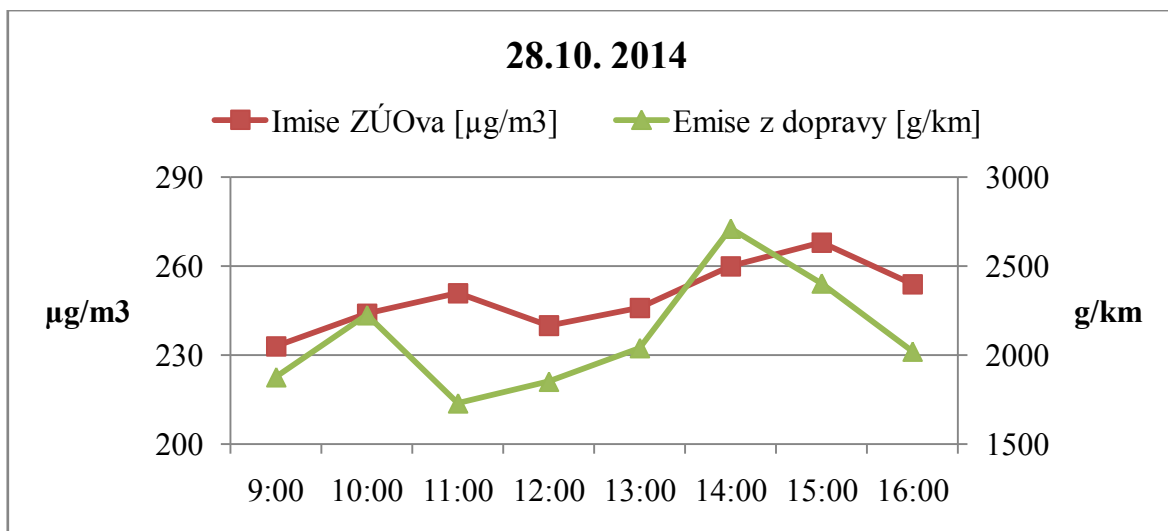
### 5.2.1 CO

Z grafu č. 5 lze vyčíst, že naměřené CO v ovzduší se od 9 hodiny zvyšovalo. Nejvyšší naměřená hodnota  $396 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , byla mezi 16 a 17 hodinou. U znázorněných emisí vyprodukovaných dopravou, vidíme nárůst mezi 10 a 11 hodinou, poté následoval pokles a od 13 hodiny náhlý nárůst do nejvyšší hodnoty  $2349,91 \text{ g}/\text{km CO}$ .



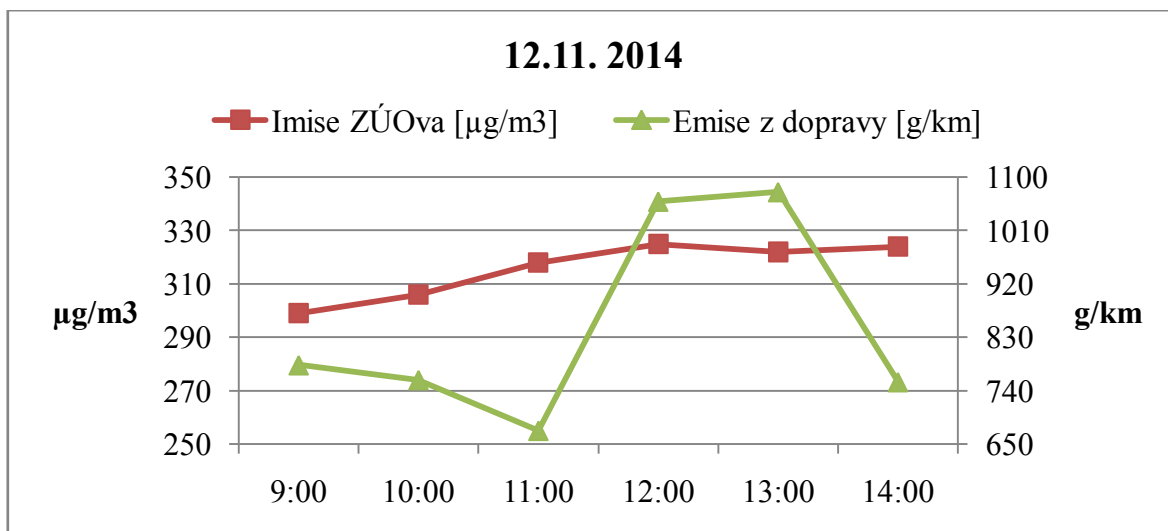
Graf 5: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 12.10.2014 (Autor)

Z grafu č. 6 lze vyčíst, že nejnižší naměřená koncentrace CO v ovzduší ( $233 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), byla mezi 9 a 10 hodinou a nejvyšší naměřená hodnota mezi 15 a 16 hodinou ( $268 \text{ g}/\text{km}$ ). Dále můžeme pozorovat od 11 hodiny náhlý nárůst emisí, který se zastavil mezi 14 a 15 hodinou s hodnotou  $2712,37 \text{ g}/\text{km}$ .



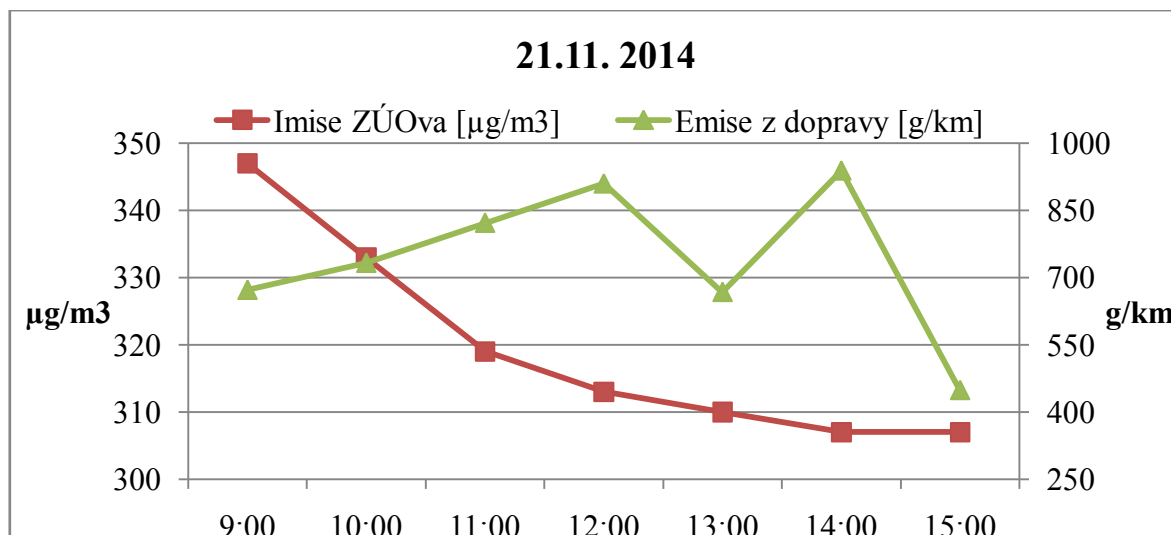
Graf 6: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 28.10.2014 (Autor)

Z grafu č. 7 lze vyčíst, že se koncentrace CO v ovzduší pohybovala okolo hodnoty  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Z hodnot emisí stojí za zmínku náhlý nárůst emisí CO z dopravy, mezi 12 až 14 hodinou, kdy se nejvyšší hodnoty pohybovaly okolo  $1060 \text{ g}/\text{km}$ .



Graf 7: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 12.11.2014 (Autor)

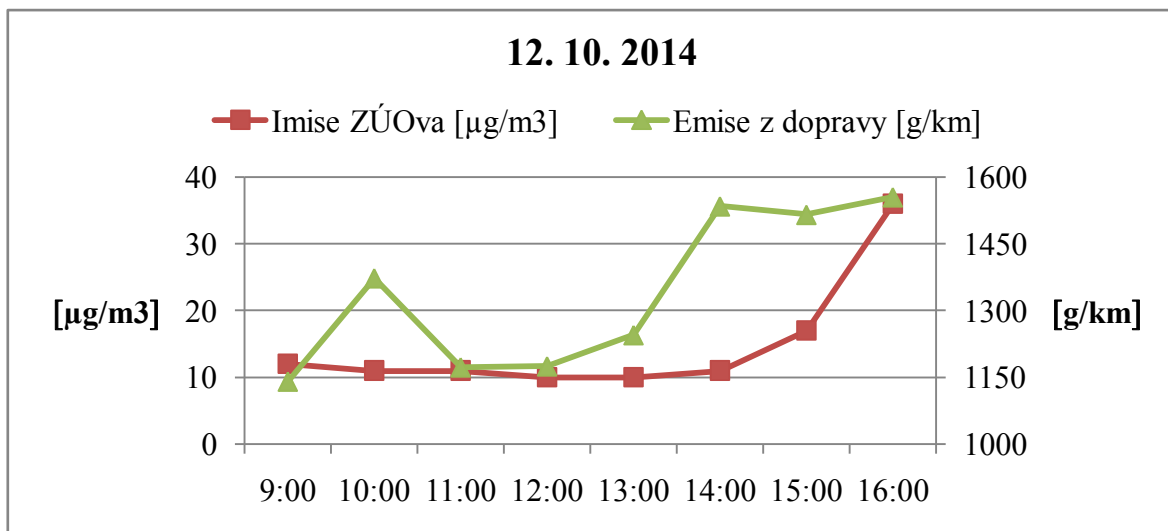
Z grafu č. 8 lze vyčíst, že naměřené koncentrace CO v ovzduší byly nejvyšší v 9 hodin ráno a postupně klesaly o necelý rozdíl  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emise CO z dopravy měly nejnižší hodnoty mezi 9 a 10 hodinou, 13 a 14 hodinou a 15 a 16 hodinou. Pohybovaly se od 449 g/km do 673 g/km. Mezi 12 a 13 hodinou a 14 a 15 hodinou byly hodnoty okolo 920 g/km.



*Graf 8: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 21.11.2014 (Autor)*

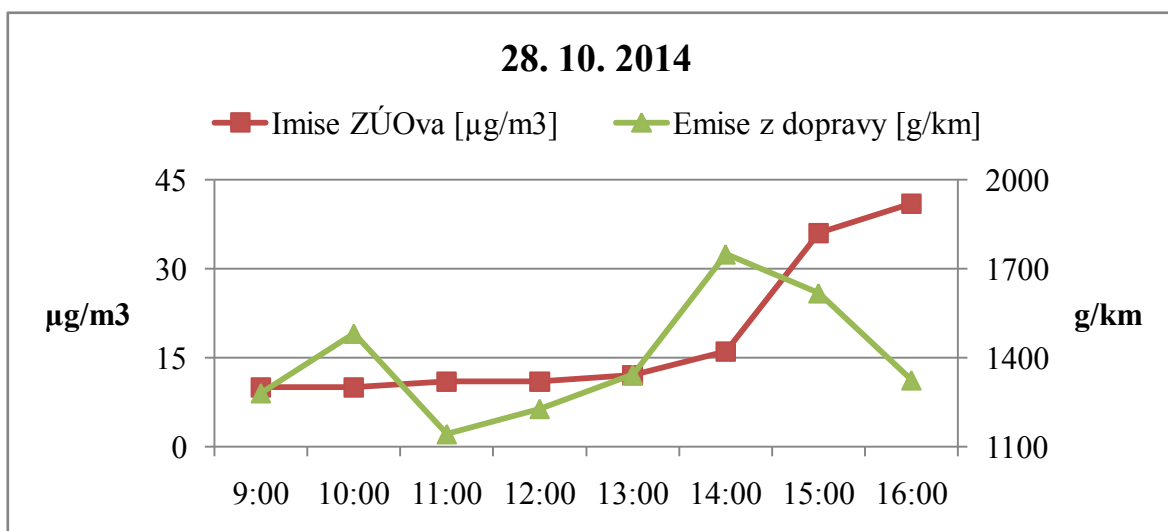
### 5.2.2 NO<sub>x</sub>

Imise zobrazené v grafu č. 9 se do 15 hodiny pohybovaly kolem hodnoty 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a od 15 do 17 hodiny stoupaly až na hodnotu 36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emise vyprodukované dopravou měly také nejvyšší hodnotu v konečný čas měření, a to 1555 g/km.



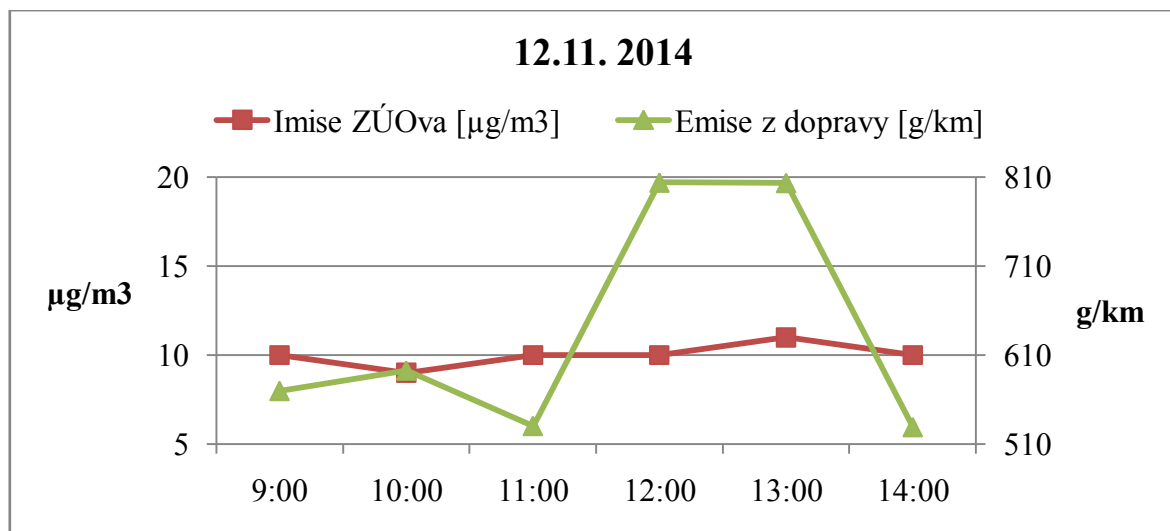
*Graf 9: Imise a emise NO<sub>x</sub> v Karlově Studánce, 12.10.2014 (Autor)*

Imise zobrazené v grafu č. 10 se do 14 hodiny pohybovaly kolem 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a od 14 do 17 hodiny stoupaly až na hodnotu 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emise z dopravy měly nejnižší hodnotu mezi 11 a 12 hodinou a nejvyšší hodnotu mezi 14 a 15 hodinou měření, a to 1749 g/km.



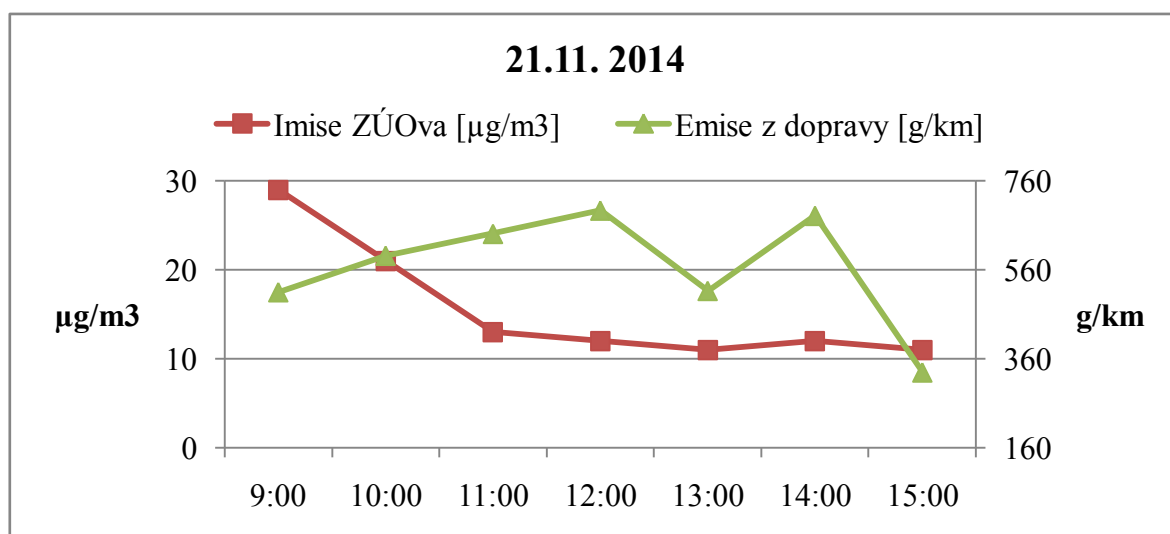
*Graf 10: Imise a emise NO<sub>x</sub> v Karlově Studánce, 28.10.2014 (Autor)*

Z grafu č.11 lze vyčíst, že se koncentrace  $\text{NO}_x$  v ovzduší pohybovala po celou dobu měření, okolo  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . U hodnot emisí z dopravy byl náhlý nárůst mezi 12 až 14 hodinou, kdy se nejvyšší hodnoty pohybovaly okolo  $800 \text{ g}/\text{km}$ . Z grafu je zřejmé, že mezi emisemi a imisemi  $\text{NO}_x$  nebyla prokázána žádná závislost.



*Graf 11: Imise a emise  $\text{NO}_x$  v Karlově Studánce, 12.11.2014 (Autor)*

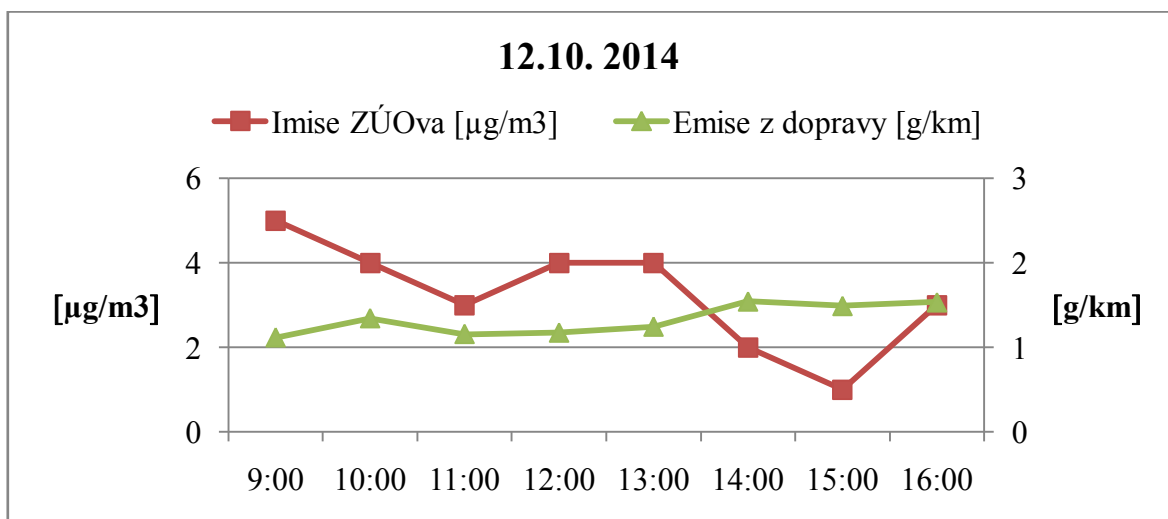
Z grafu č. 12 lze vyčíst, že koncentrace  $\text{NO}_x$  v ovzduší byly nejvyšší v 9 hodin ráno a postupně klesaly až na hodnoty okolo  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emise z dopravy měly nejnižší hodnotu ( $329 \text{ g}/\text{km}$ ) mezi 15 a 16 hodinou a nejvyšší mezi 14 a 15 hodinou ( $682 \text{ g}/\text{km}$ ). Z grafu je zřejmé, že mezi emisemi a imisemi  $\text{NO}_x$  nebyla prokázána žádná závislost.



*Graf 12: Imise a emise  $\text{NO}_x$  v Karlově Studánce, 21.11.2014 (Autor)*

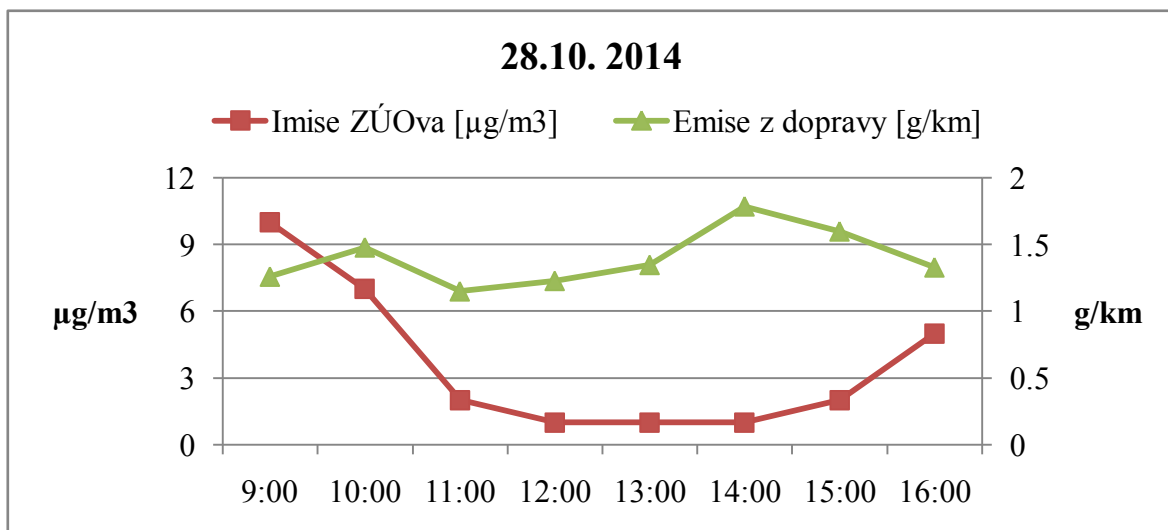
### 5.2.3 SO<sub>2</sub>

Imise SO<sub>2</sub> v ovzduší, zobrazené v grafu č. 13, měly nejvyšší hodnotu mezi 9 a 10 hodinou a to 5 µg/m<sup>3</sup> a nejnižší hodnota 1 µg/m<sup>3</sup>, byla naměřena mezi 15 a 16 hodinou. Emise vyprodukované dopravou se celou dobu zkoumání, pohybovaly okolo 1,5 g/km.



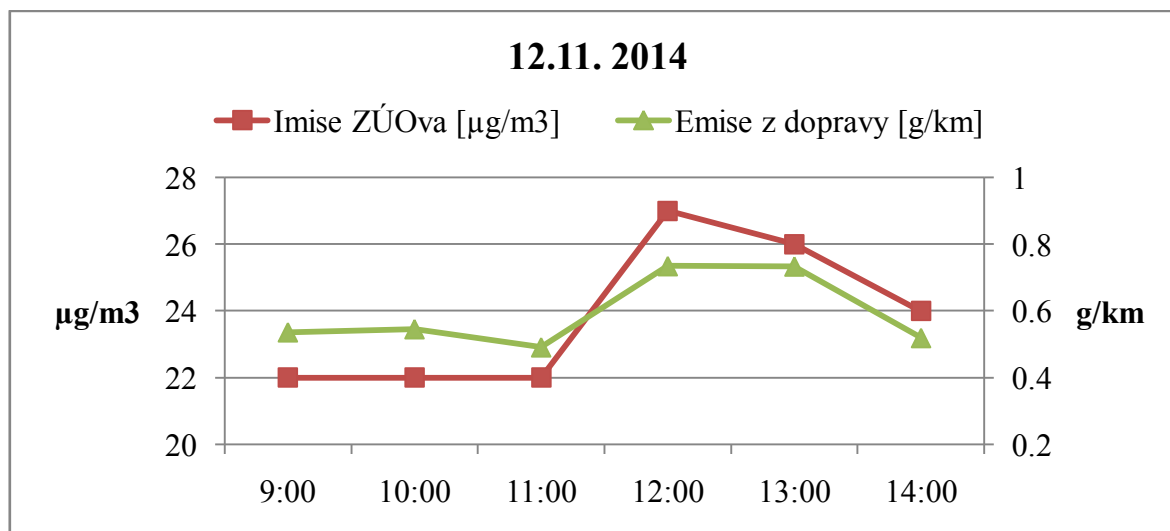
Graf 13: Imise a emise SO<sub>2</sub> v Karlově Studánce, 12.10.2014 (Autor)

Imise SO<sub>2</sub> v ovzduší, zobrazené v grafu č. 14, měly nejvyšší hodnotu mezi 9 a 10 hodinou a to 10 µg/m<sup>3</sup> a nejnižší hodnota byla okolo 1 µg/m<sup>3</sup> a to mezi 11 až 15 hodinou. Emise vyprodukované dopravou se celou dobu zkoumání, pohybovaly okolo 1,5 g/km.



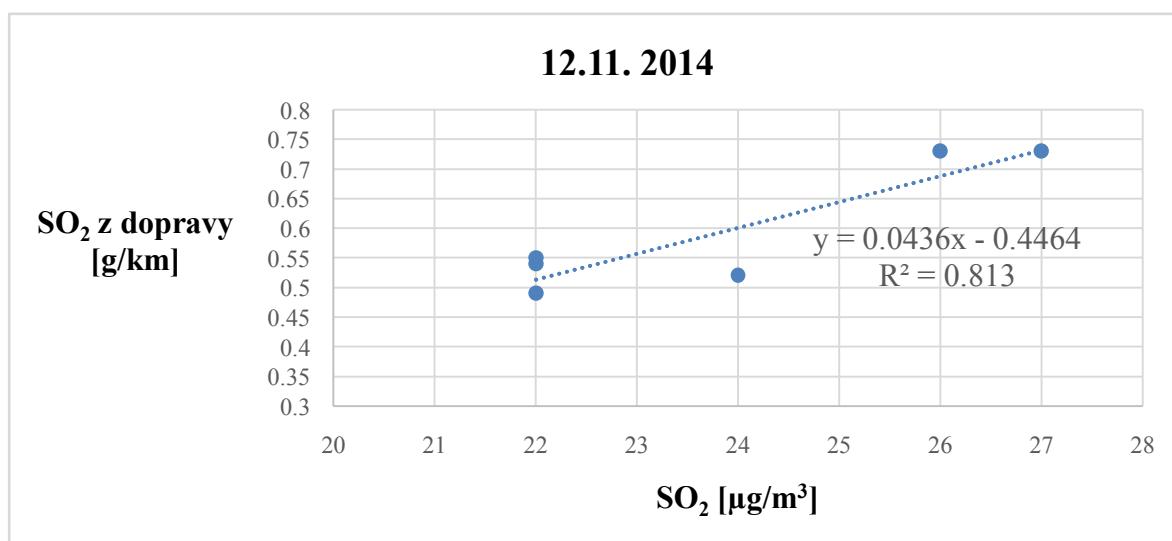
Graf 14: Imise a emise SO<sub>2</sub> v Karlově Studánce, 28.10.2014 (Autor)

Imise  $\text{SO}_2$  v ovzduší, zobrazené v grafu č. 15, se pohybovaly okolo hodnot 22 - 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a emise vyprodukované dopravou se celou dobu zkoumání, pohybovaly okolo hodnot 0,5 – 0,7 g/km.



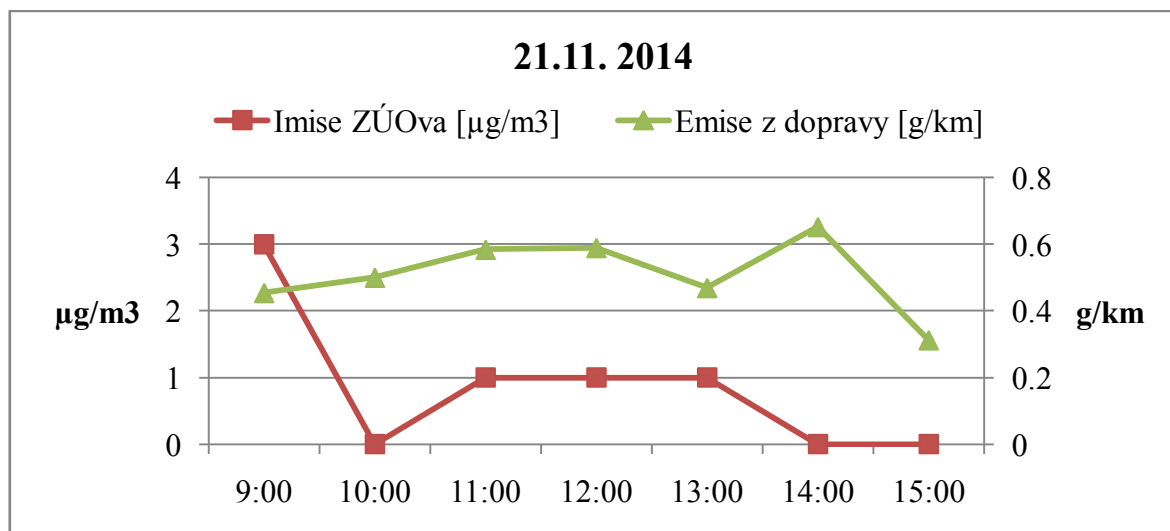
*Graf 15: Imise a emise  $\text{SO}_2$  v Karlově Studánce, 12.11.2014 (Autor)*

Dne 12.11.2014 byly naměřeny nejvyšší koncentrace  $\text{SO}_2$  v ovzduší. Mezi koncentrací  $\text{SO}_2$  v ovzduší a vypočtenou koncentrací v emisích z dopravy lze identifikovat statisticky významnou závislost (graf č. 16), kdy hodnota koeficientu korelace dosahuje 0,9 a je tedy splněna kritická hodnota koeficientu korelace při hladině významnosti 0,01.



*Graf 16: Závislost mezi  $\text{SO}_2$  v imisích a emisích z doprav (Autor)*

Imise  $\text{SO}_2$  v ovzduší, zobrazené v grafu č. 17, měly nejvyšší hodnotu mezi 9 a 10 hodinou a to  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dále se hodnoty pohybovaly kolem 0. Emise vyprodukované dopravou se celou dobu zkoumání, pohybovaly okolo hodnoty  $0,5 \text{ g}/\text{km}$ .



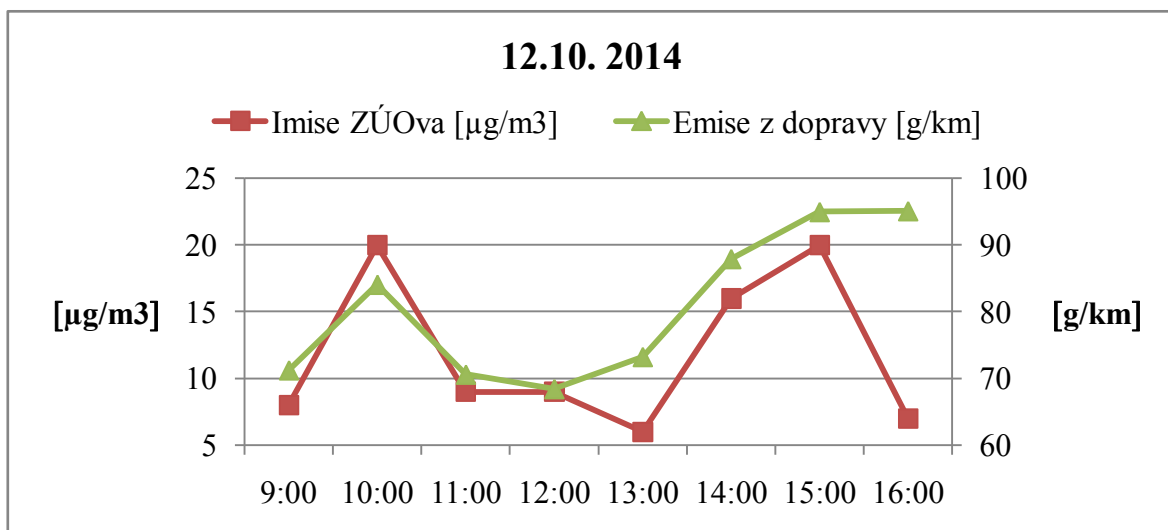
*Graf 17: Imise a emise  $\text{SO}_2$  v Karlově Studánce, 21.11.2014 (Autor)*

Z grafů plyných emisí je zřejmé, že statisticky významná závislost mezi koncentrací plynů v ovzduší a v emisích vypočtených na základě dopravní statistiky, byla zjištěna jediná statisticky významná závislost, a to u  $\text{SO}_2$ , ve dni, kdy naměřené koncentrace v ovzduší byly výrazně vyšší než v ostatních sledovaných dnech.



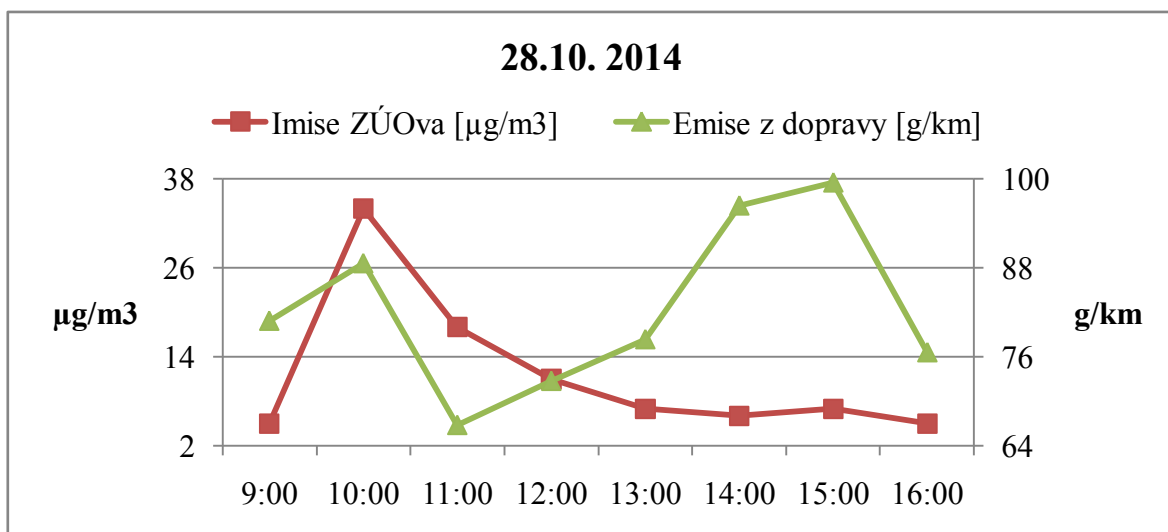
5.2.4 PM<sub>10</sub>

Imise PM<sub>10</sub>, zobrazené v grafu č. 18, měly nejvyšší hodnotu mezi 10 a 11 hodinou a mezi 15 a 16 hodinou a to 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nejnižší hodnoty se pohybovaly kolem 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emise z dopravy měli nejnižší hodnotu 68 g/km, mezi 12 a 13 hodinou a nejvyšší hodnoty se pohybovaly okolo 95 g/km, mezi 15 až 17 hodinou.



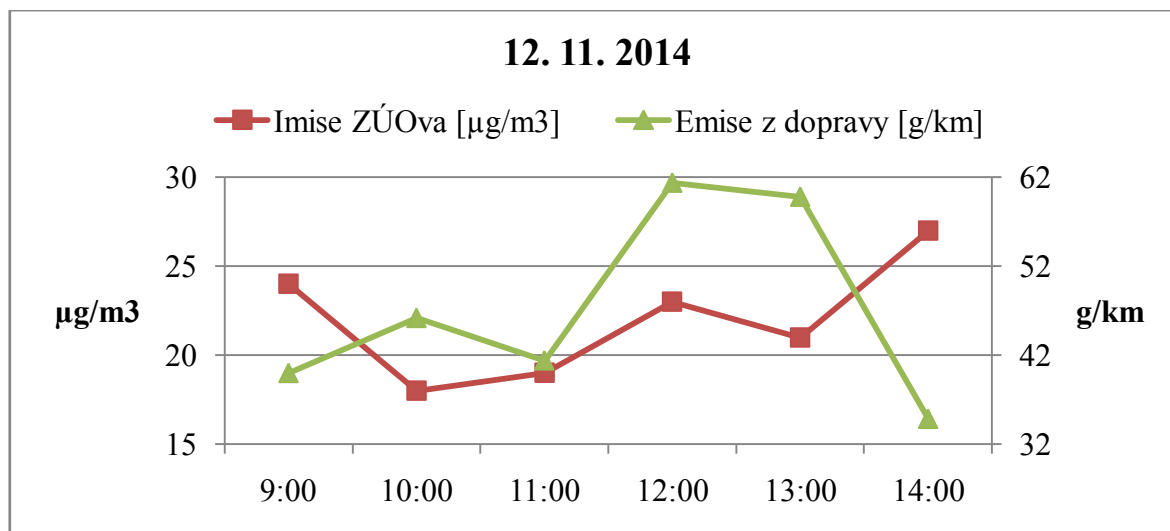
*Graf 18: Imise a emise PM<sub>10</sub> v Karlově Studánce, 12.10.2014 (Autor)*

Imise PM<sub>10</sub>, zobrazené v grafu č. 19, měly nejvyšší hodnotu 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (10 až 11 hodina). Dále hodnoty klesaly až na 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emise z dopravy měli nejnižší hodnotu 67 g/km (11 až 12 hodina) a nejvyšší hodnoty, okolo 96 – 100 g/km (14 až 16 hodina).



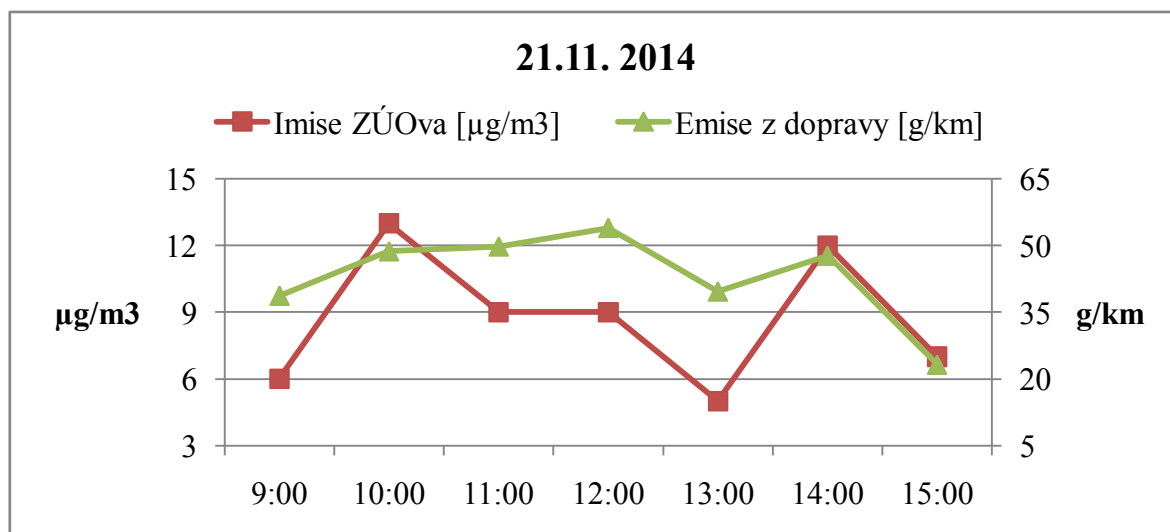
*Graf 19: Imise a emise PM<sub>10</sub> v Karlově Studánce, 28.10.2014 (Autor)*

Imise  $PM_{10}$  v ovzduší, zobrazené v grafu č. 20, měly nejvyšší hodnoty mezi 9 a 10 hodinou ( $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 12 a 13 hodinou ( $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a 14 a 15 hodinou ( $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Zbylé hodnoty byly o něco nižší. Emise z dopravy měli nejnižší hodnotu  $35 \text{ g}/\text{km}$ , mezi 14 a 15 hodinou a nejvyšší hodnoty okolo  $60 \text{ g}/\text{km}$ , mezi 12 až 14 hodinou.



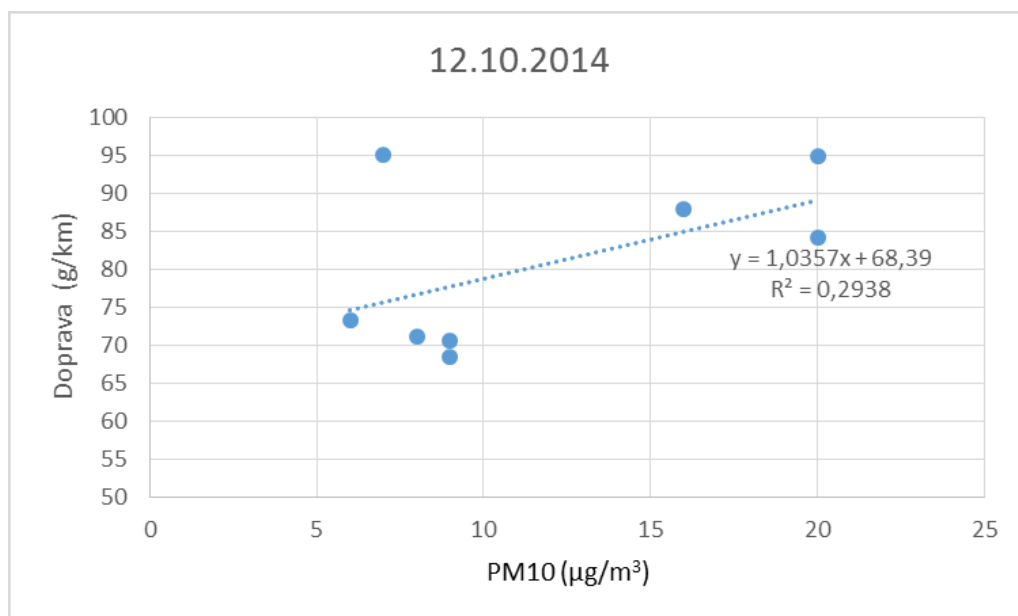
*Graf 20: Imise a emise  $PM_{10}$  v Karlově Studánce, 12.11.2014 (Autor)*

Imise  $PM_{10}$  v ovzduší, zobrazené v grafu č. 21, měly nejvyšší hodnoty mezi 10 a 11 hodinou ( $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a 14 a 15 hodinou ( $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nejnižší hodnota byla mezi 13 a 14 hodinou, činila  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emise vyprodukované dopravou měli nejnižší hodnotu  $23 \text{ g}/\text{km}$  a to mezi 15 a 16 hodinou a nejvyšší hodnot  $54 \text{ g}/\text{km}$ , mezi 12 až 13 hodinou.

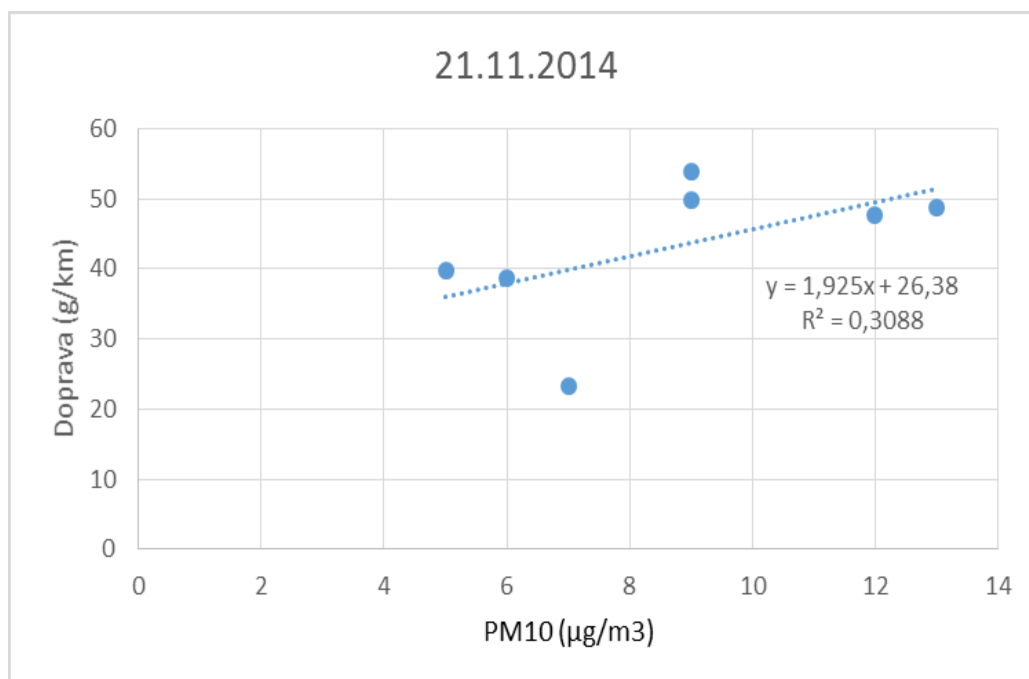


*Graf 21: Imise a emise  $PM_{10}$  v Karlově Studánce, 21.11.2014 (Autor)*

U dvou ze čtyř měřených dní byla zjištěna statisticky významná závislost na hladině významnosti 0,05. V těchto dnech se nejvýrazněji projevuje zvýšení koncentrace  $PM_{10}$  v imisích mezi 9 – 11 hodinou, které jsou způsobeno vlivem dopravy (graf č. 22, graf č. 23).



**Graf 22: Závislost mezi  $PM_{10}$  v ovzduší a  $PM_{10}$  produkovanými dopravou (Autor)**



**Graf 23: Závislost mezi  $PM_{10}$  v ovzduší a  $PM_{10}$  produkovanými dopravou (Autor)**

## 6. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo určit zdroje znečištění pomocí markerů v obci Karlova Studánka, v období červen až prosinec 2014. Z analýzy markerů vyplývá, že celoročně tvoří emise z dopravy cca 17 – 30 % zátěže v suché depozici. V letním období je v suché prašné depozici přítomna biogenní hmota. V podzimním a zimním období (X–XII) byly prokázány emise ze spalování uhlí (průměrně 30%). Emise ze spalování dříví byly produkovány v rámci celého období a jejich míra se zvyšovala s příchodem podzimního a zimního období.

Z vyhodnocení dopravního šetření, které mám uvedeno v bakalářské práci (4 šetření) vyplývá, že nebyl prokázán jednoznačný vztah mezi plynnými emisemi produkovány dopravou a hodnotami zjištěnými v rámci imisního monitoringu ZÚOVA. Statisticky významná závislost byla prokázána pouze v jediném případě pro SO<sub>2</sub> dne 12.11.2014. Statisticky velmi zajímavá závislost mezi obsahem PM<sub>10</sub> v ovzduší a vypočtenými PM<sub>10</sub> uvolňovanými z dopravy byla zjištěna pro šetření prováděná v říjnu. V měsíci listopadu se data naměřená v rámci imisního monitoringu a data získaná z dopravního průzkumu rozcházejí. Pravděpodobně je zde významnější vliv spalování biogenních i fosilních paliv a dálkového transportu částic PM<sub>10</sub>, což bylo prokázáno i z analýzy biomarkerů.

Na tuto práci bych chtěla navázat diplomovou prací, ve které bych použila data ze sčítání dopravy, které jsem prováděla i v měsících leden a únor. A dále bych pokračovala v měření a tedy získání dlouhodobějších údajů všech období, ze kterých bych následně stanovila denní, týdenní a roční intenzitu dopravy pomocí TP 189. Dále bych stanovila celkové emise za den, týden a rok a poté bych s daty dále pracovala.

## Seznam použité literatury

ANDREOVSKÝ, Jan a kolektiv autorů. *Příručka ochrany kvality ovzduší*. Vyd. 1. Praha: Sdružení společností IREAS centrum; Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2013, 640 s. ISBN 978-80-86832-77-7.

Archiv měření. *Informační monitorovací systém průmyslového znečištění v Moravskoslezském kraji* [online]. 2010 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.ims-msk.cz/archiv>

BERNARD, Michal. *Ovzduší vs. silniční doprava – právní nástroje ochrany*. [online]. Brno: Ekologický právní servis, 2008 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: [http://frankbold.org/sites/default/files/publikace/ovzdusi\\_vs\\_doprava.pdf](http://frankbold.org/sites/default/files/publikace/ovzdusi_vs_doprava.pdf)

Bílá Opava - Jeseníky. *Moravskoslezský region* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.msregion.cz/cz/jeseniky/priroda/naucne-stezky/bila-opava---jeseniky--5469/>

Bílá Opava naučná stezka. *EJeseniky.com* [online]. 2005-2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.ejeseniky.com/turistika/naucne-stezky/bila-opava>

BÍNA, Jan; DEMEK Jaromír. *Z nížin do hor: Geomorfologické jednotky České republiky*. 1.vyd. Praha: Academia, 2012, 343 s. ISBN 978-80-200-2026-0.

BROCCO D.R., FRATARCANGELI R., 1997. *Determination of aromatic hydrocarbons in urban air of Rome*. Atmospheric Environment 31, 4, 557-566.

CDV (b). *Školení sčítání: Ukázkově vyplněné sčítací listy*. [online]. 2010 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://csd.cdv.cz/file/ukazkove-vyplnene-scitaci-listy/>

Česká republika. *Vyhláška č. 415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší*. [online]. 2010 - 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415>

Česká republika. *Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon)* [online]. 2010 - 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>.

Česká republika. *Zákon č.201/2012 Sb. o ochraně ovzduší* [online]. 2010 - 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>

Databáze chemických látek. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://arnika.org/chemicke-latky>

DEMEK, Jaromír; MACKOVČIN, Peter, a kolektiv. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. 2. vyd. Brno : Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006, 582 s. ISBN 80-86064-99-9.

DUFEK, Jiří; HUZLÍK, Jiří; ADAMEC, Vladimír. *Stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy*. [online]. Ministerstvo dopravy, CDV, 2006 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/file/metodika-stanoveni-emisi-latek-znecistujicich-ovzdusi-z-dopravy/>

Geologická mapa 1:50 000. *Česká geologická služba* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50zj&y=537880&x=1068806&r=2000&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50zj&y=537880&x=1068806&r=2000&s=1)

Historie. *Karlova Studánka horské lázně* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.horskelazne.cz/o-horskych-laznich/historie/>

Charakteristiky BPEJ. *Geoportál SOWAC-GIS* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://geoportal.vumop.cz/index.php?projekt=zchbpej&s=mapa>

CHUDOVÁ, Radka. O obci. *Karlova Studánka* [online]. 2008 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.kstudanka.cz/o-obci/d-1160/p1=1026>

CHUDOVÁ, Radka. Územní plán Karlova Studánka. *Karlova Studánka* [online]. 2010 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.kstudanka.cz/uzemni-plan-karlova-studanka/d-1533/query=palivo>

Indikační seznam. *Karlova Studánka horské lázně* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.horskelazne.cz/o-horskych-laznich/indikacni-seznam/>

Informace o látkách ohlašovaných do IRZ. *Integrovaný registr znečištění* [online]. 2015 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/20>

BENDL, Jiří: To byste nevěřili, kolik emisí z otěrů pneumatik, asfaltu a brzd dýcháme. *Ekolist* [online]. 2011 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jiri-bendl-to-byste-neverili-kolik-emisi-z-oteru-pneumatik-asfaltu-a-brzd-dychame>

Karlova Studánka. *MAPY.CZ* [online]. 1996–2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/zakladni?x=17.2905922&y=50.0655141&z=13&q=Karlova%20Stud%C3%A1nka>

Karlova Studánka. *Turistika* [online]. 2007-2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.turistika.cz/vylety/karlova-studanka--2>

Krytý bazén Lázně Karlova Studánka. *Jeseníky Info* [online]. 2002-2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.jeseniky.net/bazen-karlova-studanka>

KUCHAŘOVÁ, Jana; RACLAVSKÁ Helena; BIELESZOVÁ Silvia (a). *Identifikace zdrojů znečištění v lokalitě Karlova Studánka*. Ostrava: VŠB-Technická Univerzita Ostrava, Centrum ENET, 2014.

KUCHAŘOVÁ, Jana; RACLAVSKÁ Helena; RACLAVSKÝ, Konstantin; BIELESZOVÁ Silvia (b). *Metodika pro identifikaci zdrojů znečištění ovzduší na základě diagnostických poměrů markerů*. Ostrava: VŠB-Technická Univerzita Ostrava, Centrum ENET, 2014.

KURFÜRST, J. *Kompéndium ochrany kvality ovzduší*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2008. 407 s. ISBN 978-80-86832-38-8.

Kvartér. *Česká geologická služba* [online]. 2011 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://muzeum.geology.cz/d.pl?item=145>

KVĚT, Radan. *Minerální vody České republiky: vznik, historie a současný stav*. Vyd. 1. Třebíč: Akcent, 2011, 150 s.. ISBN 978-80-7268-862-3.

Lázně Karlova Studánka. *Holčovice* [online]. 2011-2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.obecholcovice.cz/lazne-karlova-studanka/ms-1283/p1=1283>

Legislativa a metodické pokyny. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2008-2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/legislativa\\_metodicke\\_pokyny\\_ovzdusi](http://www.mzp.cz/cz/legislativa_metodicke_pokyny_ovzdusi)

MAČALA, Jozef; SMRŽ, Vladimír. *Modul 5: Ochrana ovzduší*. [online]. Výukový program: Environmentální vzdělávání. [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf2/instituty-a-pracoviste/cs/546/studijni-materialy/EV-modul5.pdf>

MŽP (b). *MEFA - výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla*. [online]. 2008 - 2012 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/vypocet\\_emisnich\\_faktoru](http://www.mzp.cz/cz/vypocet_emisnich_faktoru)

Napsali o nás. *Karlova Studánka horské lázně* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.horskelazne.cz/o-horskyh-laznich/napsali-o-nas/the-times-jeseniky-nadchly-novinarku-new-york-times-kdyz-patrala-po-osudu-predku.html>

Něco o LPG. *Auto-gas-servis* [online]. 2009 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.autogastabor.cz/lpg.html>

NELSON P.F., QUIGLEY S.M., 1983. *The m,p-xylenes:ethylbenzene ratio. A techniques for estimating hydrocarbons age in ambient atmospheres*. Atmospheric Environment (1967), 17(3):659-662.

Ovzduší. *Karlova Studánka horské lázně* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.horskelazne.cz/o-horskych-laznich/ovzdusi/>

Ovzduší. *Legislativní příručka* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.inisoft.cz/strana/legislativni-prirucka-ovzdusi>

Program MEFA. *ATEM* [online]. 2013 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: <http://www.atem.cz/mefa.html>

Přírodní lesní oblasti - PLO. *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/oblastni-plany-rozvoje-lesu/prirodni-lesni-oblasti-plo>

Regionální geologie České republiky. *Ústava geotechniky* [online]. 2012 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/skripta/REGGEOL.htm>

ROGGE W.F., HILDEMAN L.M., MAZUREK M.A., CASS G.R., SIMONEIT B.R.T., 1991. *Sources of fine organic aerosol: 1. Charbroilers and meat cooking operations*. Environmental Science and Technology 28, 1375-1388.

SÝKOROVÁ, Barbora; KUCBEL Marek; RACLAVSKÁ Helena; RACLAVSKÝ Konstantin. *Application of Multivariate Statistical Analysis for Identification of Pollution Sources in the Moravian-Silesian Region*. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Centre ENET, 2015.

TOLASZ, Radim, a kolektiv. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. Praha: Česká geologická služba, 2007, 68 s.. ISBN 978-80-7075-688-1.

Uživatelská příručka programu MEFA. *ATEM* [online]. 2013 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: <http://www.atem.cz/mefa.html>



VAN LANGENHOVE H., 2010. *Volatile organic compounds (VOCs)*. Environmental Chemistry Course Notes, University of Ghent, Faculty of Bioscience Engineering, 1-44.

VEJVODA, Josef; MACHAČ, Pavel; BURYAN, Petr. *Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních plynů*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2003, 226 s. ISBN 80-7080-517-X.

Vodopády Bílé Opavy. *České hory* [online]. 1999-2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://vodopady-bile-opavy.ceskehory.cz/>

VOPRAVIL, Jan a kolektiv. *Půda a její hodnocení v ČR*. Díl II. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011, 156 s. ISBN 978-80-87361-08-5.

Výrobky z ropy. *Ropa* [online]. 2013-2015 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.ropa.cz/vyrobky-z-ropy/>

Výsledky prvního cyklu Národní inventarizace lesů, 2001 - 2004, ČR - Moravskoslezský kraj. *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem* [online]. 2003-2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: [http://old.uhul.cz/il/vysledky/ms/1\\_vystupy\\_nil.php?co=Moravskoslezsk%FD+kraj&kde=.%2Fms%2F](http://old.uhul.cz/il/vysledky/ms/1_vystupy_nil.php?co=Moravskoslezsk%FD+kraj&kde=.%2Fms%2F)

Z čeho se skládá otěr z pneumatik. *EnviWeb* [online]. 2013 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/doprava/97605/z-ceho-se-sklada-oter-z-pneumatik>

Základní informace o CNG. *Šlápní na plyn* [online]. 2012 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auto-autobus-jizda-na-plyn-palivo-zemni-cng.htm>

Základní informace o LPG a o jízdě na zkapalněný ropný plyn. *Šlápní na plyn* [online]. 2012 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auta-jizda-slapni-na-plyn-ropny-lpg-propan-butan.htm>

Základy regionální geologie České republiky. *Geologie - výukové multimediální texty* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/11\\_REGION%C3%81LN%C3%8D\\_GEO/11\\_regionalka.htm](http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/11_REGION%C3%81LN%C3%8D_GEO/11_regionalka.htm)

Zpracování ropy. *Život s autem* [online]. 2010 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/zpracovani-ropy.html#vyrobky>

ŽARLOKOVÁ, Veronika. *Výpočet emisí jako produktu silniční dopravy ve městě Ostrava*. 2012. Dostupné z: [https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/92416/ZAR067\\_HGF\\_N2102\\_3904T005\\_2012.pdf?sequence=1](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/92416/ZAR067_HGF_N2102_3904T005_2012.pdf?sequence=1). Diplomová práce. VŠB-TUO.

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Mapa lokalizace umístění obce Karlova Studánka .....</i>	<i>2</i>
<i>Obrázek 2: Geologická mapa v měřítku 1:50 00 .....</i>	<i>5</i>
<i>Obrázek 3: Mapa klimatických oblastí podle Köppena v měřítku 1: 2 000 000 .....</i>	<i>6</i>
<i>Obrázek 4: Mapa klimatických oblastí podle Quitta v měřítku 1: 1 000 000.....</i>	<i>6</i>
<i>Obrázek 5: Mobilní vozík ZÚOVA .....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 6: Vzorový sčítací list .....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 7: Otevřené okno programu MEFA 13.....</i>	<i>27</i>

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Geomorfologické jednotky .....</i>	<i>4</i>
<i>Tabulka 2: Charakteristika klimatických oblastí C5-C6 podle Quitta.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabulka 3: Složení výfukových plynů zážehového a vznětového motoru.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabulka 4: Primární LZO a Sekundární LZO .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 5: Diagnostické poměry C31 S/C31 (S+R) pro domovní a průmyslové spalování uhlí.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 6: Diagnostický poměry 17<math>\alpha</math>(H), 21<math>\beta</math>(H)-29 norhopan/22R - 17<math>\alpha</math>(H), 21<math>\beta</math>(H)-homohopan pro uhlí a ropné produkty v imisích .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 7: Diagnostické poměry 17<math>\alpha</math>(H), 21<math>\beta</math>(H)-29 norhopan/22R - 17<math>\alpha</math>(H), 21<math>\beta</math>(H)-homohopan pro lokální topeniště.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 8: Diagnostické poměry hopanů pro ropné produkty.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 9: Diagnostické poměry steranů.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 10: Diagnostický poměr L/M pro středoevropskou biomasu .....</i>	<i>23</i>

<i>Tabulka 11: Diagnostický poměr C18/C16 pro stanovení druhu biomasy .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 12: Počty vozidel, sečtených během měsíce října, v obci Karlova Studánka .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 13: Počty vozidel, sečtených během měsíce listopadu, v obci Karlova Studánka ...</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 14: Vstupní data zadaná do programu MEFA 13 .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 15: Hodnoty poměru Pr/Ph pro jednotlivá stanoviště .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 16: Diagnostické poměry steranů VI - IX .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 17: Hodnoty poměrů hopanů pro analyzované imise .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 18: Hodnoty poměru C18/C16 pro analyzované imise .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 19: Poměr reten/(reten+chrysen) pro imise .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 20: Hodnoty poměru toluen/styren (E3/S) pro analyzované imise .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 21: Množství biogenní hmoty přírodního původu .....</i>	<i>38</i>

## **Seznam grafů**

<i>Graf 1: Vývoj poměru T/B v rámci analyzovaného období .....</i>	<i>34</i>
<i>Graf 2: Množství biogenní organické hmoty v imisích .....</i>	<i>36</i>
<i>Graf 3: Množství rezistentní organické hmoty spojené s black carbon v analyzovaných imisích .....</i>	<i>37</i>
<i>Graf 4: Procentuální míra znečištění jednotlivými zdroji v analyzovaných imisích .....</i>	<i>38</i>
<i>Graf 5: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 12.10.2014 .....</i>	<i>39</i>
<i>Graf 6: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 28.10.2014 .....</i>	<i>40</i>
<i>Graf 7: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 12.11.2014 .....</i>	<i>40</i>
<i>Graf 8: Imise a emise CO v Karlově Studánce, 21.11.2014 .....</i>	<i>41</i>

<i>Graf 9: Imise a emise NO<sub>x</sub> v Karlově Studánce, 12.10.2014 .....</i>	<i>42</i>
<i>Graf 10: Imise a emise NO<sub>x</sub> v Karlově Studánce, 28.10.2014 .....</i>	<i>42</i>
<i>Graf 11: Imise a emise NO<sub>x</sub> v Karlově Studánce, 12.11.2014 .....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 12: Imise a emise NO<sub>x</sub> v Karlově Studánce, 21.11.2014 .....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 13: Imise a emise SO<sub>2</sub> v Karlově Studánce, 12.10.2014 .....</i>	<i>44</i>
<i>Graf 14: Imise a emise SO<sub>2</sub> v Karlově Studánce, 28.10.2014 .....</i>	<i>44</i>
<i>Graf 15: Imise a emise SO<sub>2</sub> v Karlově Studánce, 12.11.2014 .....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 16: Závislost mezi SO<sub>2</sub> v imisích a emisích z doprav .....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 17: Imise a emise SO<sub>2</sub> v Karlově Studánce, 21.11.2014.....</i>	<i>46</i>
<i>Graf 18: Imise a emise PM<sub>10</sub> v Karlově Studánce, 12.10.2014 .....</i>	<i>47</i>
<i>Graf 19: Imise a emise PM<sub>10</sub> v Karlově Studánce, 28.10.2014.....</i>	<i>47</i>
<i>Graf 20: Imise a emise PM<sub>10</sub> v Karlově Studánce, 12.11.2014.....</i>	<i>48</i>
<i>Graf 21: Imise a emise PM<sub>10</sub> v Karlově Studánce, 21.11.2014.....</i>	<i>48</i>
<i>Graf 22: Závislost mezi PM<sub>10</sub> v ovzduší a PM<sub>10</sub> produkoványi dopravou .....</i>	<i>49</i>
<i>Graf 23: Závislost mezi PM<sub>10</sub> v ovzduší a PM<sub>10</sub> produkoványi dopravou .....</i>	<i>49</i>